

3. Savriddinova B. S. Esg mezonlari asosida yashil biznes modellarini moliyalashtirish: xalqaro tajriba va istiqbollar //shokh library.–2025.– m. 1. – №. 11. <https://www.wosjournals.com/index.php/shokh/article/view/6245>

4. Raihan A, Bala S, Akther A, et al. Advancing environmental sustainability in the G-7: The impact of the digital economy, technological innovation, and financial accessibility using panel ARDL approach. Journal of Economy and Technology. 2024 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2949948824000283>

5. Ofori EK, Appiah-Opoku S. Sustainable development goals in BRICS and G7 countries: Increasing accomplishments through policy synergies in four dimensions. Sustainable Development. 2023. https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Agcd%3A14%3A29648446/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3Ascholar&id=ebsco%3Agcd%3A186635795&crl=c&link_origin=scholar.google.com

6. Anaruma JFP, Jorge HCde O, Filho FA, et al. The first two decades of circular economy in the 21st century: A bibliographic review. Benchmarking: An International Journal. 2021;29:269 <https://www.emerald.com/bij/article-abstract/29/9/2691/513432/The-first-two-decades-of-Circular-Economy-in-the?redirectedFrom=fulltext>

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ВВП КАК ESG-ИНДИКАТОР УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ: ЭКОНОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДЛЯ УЗБЕКИСТАНА

Муслимова Фарангиз

*Самостоятельный соискатель ТГЭУ, кафедра
«Макроэкономическая политика и прогнозирование»*

В условиях глобального перехода к модели устойчивого развития повышение энергоэффективности экономики становится одним из ключевых факторов обеспечения долгосрочного экономического роста и экологической устойчивости. Одним из наиболее распространённых показателей эффективности использования энергетических ресурсов является энергоёмкость валового внутреннего продукта (ВВП), отражающая объём энергии, необходимый для производства единицы экономической продукции. Данный показатель широко используется в международной практике как индикатор структурных изменений в экономике, а также как важная составляющая экологического компонента ESG-критериев, отражающая уровень эффективности использования энергетических ресурсов в экономике.

Энергоёмкость ВВП (energy intensity, EI) — количество первичной энергии на единицу ВВП — является индикатором ЦУР 7.3 и ключевым «Е»-компонентом ESG-критериев. По данным МЭА (2023)[1] и Enerdata (2023)[2], уровень энергоёмкости экономики Узбекистана (около 10,9 МДж/\$) превышает средний показатель стран Европейского союза примерно в 4,5 раза, при этом страна демонстрирует одни из наиболее высоких темпов снижения данного показателя — около –3,5 % в год.

Для стран с формирующейся экономикой, включая Узбекистан, повышение энергоэффективности имеет особое значение в условиях ускоренного экономического роста, структурной трансформации экономики и роста энергопотребления. В этой связи возрастает научная и практическая значимость комплексного анализа динамики энергоёмкости ВВП и факторов, определяющих её изменение на основе современных эконометрических методов.

Таблица 1

Международное сравнение энергоёмкости ВВП, 2022–2023 гг.[1 – 5]

Страна	МДж/\$ (ППС)	кг н.э./ \$1000	На душу ГДж/чел.	ВИЭ (%)	Динамика / уровень
ЕС	2,4	0,057	130	44%	↓ -1,5%/год — Низкий
США	3,7	0,088	290	21%	↓ -2%/год — Средний
Ю. Корея	4,4	0,105	240	9%	→ -0,5%/год — Средний
Китай	5,5	0,131	109	32%	↓ -1%/год — Высокий
Среднемир.	5,0	0,119	76	30%	↓ -1%/год
Россия	8,2	0,195	530	19%	↓ -2%/год — Оч. высокий
Узбекистан	~10,9	~0,260	~58	~11%	↓ -3,5%/год — Оч. высокий

Временной ряд Узбекистана 2011–2023 (T=13): ВВП по ППС, потребление энергии ЕС, $EI = \frac{EC}{GDP}$. ВВП вырос с 103,2 до 920,7 млрд долл. (+792%), ЕС — с 38,5 до 82,6 млн т н.э. (+114,5%). EI сократилась на 75,9%: с 0,373 до 0,090 кг н.э./долл. В 2023 г. номинальный ВВП впервые превысил \$100 млрд [5].

Для выявления факторов динамики энергоёмкости ВВП и оценки взаимосвязи между экономическим ростом и энергопотреблением применён инструментарий эконометрического анализа временных рядов. На первом этапе проведена проверка стационарности исходных переменных с использованием теста Дики-Фуллера, позволяющего определить наличие единичного корня в рядах. В связи с выявленной нестационарностью логарифмических уровней показателей дальнейший анализ осуществляется в первых разностях, что соответствует подходу Грейнджера и Ньюболда к моделированию макроэкономических временных рядов. На основе преобразованных данных построена базовая регрессионная модель методом наименьших квадратов, позволяющая оценить влияние динамики энергопотребления и экономического роста на изменение энергоёмкости экономики.

Тест Дики-Фуллера [6]. Все ln-уровни нестационарны (DF > -3,00; крит. 5%), применяется первое дифференцирование [7]:

$$DF = \frac{(\hat{b} - 1)}{SE(\hat{b})} \quad [\text{крит. } -3,00 \text{ на ур. } 5\%]$$

OLS-регрессия в первых разностях (основная модель)[8]:

$$\Delta \ln(EI_t) = \alpha + \beta \cdot \Delta \ln(EC_t) + \gamma \cdot \Delta \ln(GDP_t) + \delta \cdot D_{2017} + \varepsilon_t \quad (1)$$

где: $\Delta \ln(EI)$ — прирост лог. энергоёмкости; $\Delta \ln(EC)$ — прирост лог. энергопотребления; $\Delta \ln(GDP)$ — прирост лог. ВВП; $D_{2017} = 1$ для 2017–2023. Результаты оценки (таблица 2):

Таблица 2

Результаты OLS-оценки, Узбекистан, 2012–2023 (n=12)

Параметр	Коэф.	Ст. откл.	t-стат.	Знач.	Интерпретация
Константа α	0,00598	0,0077	0,78	ns	Автономный тренд незначим
$\Delta \ln(GDP) — \gamma$	-0,97537	0,0396	-24,63	***	Осн. драйвер: ↑ ВВП → ↓ EI
$\Delta \ln(EC) — \beta$	0,87250	0,0514	16,97	***	Рост энергопотр. → ↑ EI
$D_{2017} — \delta$	-0,00357	0,0044	-0,81	ns	Структурный сдвиг 2017 г.
$R^2 = 0,9967$ MAPE = 0,18% n = 12 *** $p < 0,001$ ns — незначимо					

Эластичность $\gamma = -0,975$ ($p < 0,001$): рост ВВП на 1% снижает EI на 0,975% — близко к полному декаплингу. $R^2 = 0,9967$; MAPE = 0,18%.

LMDI-декомпозиция [9]. Аддитивное разложение без остатка:

$$\Delta EI = D_{EC} + D_{ВВП}, \text{ где } D_{EC} = L(EI_t, EI_{t-1}) \cdot \ln\left(\frac{EC_t}{EC_{t-1}}\right) \quad (2)$$

$$D_{ВВП} = L(EI_t, EI_{t-1}) \cdot \ln\left(\frac{GDP_{t-1}}{GDP_t}\right), \quad L(x, y) = \frac{x - y}{\ln x - \ln y} \quad (3)$$

За 2012–2023: $D_{ВВП} = -0,453$ кг н.э./долл. (159,7% вклада); $D_{EC} = +0,169$ кг н.э./долл. (-59,7%). Рост ВВП — доминирующий фактор; рост EC частично компенсирует улучшение.

Пороговая регрессия [10]. Тест нелинейности:

$$\Delta \ln(EI_t) = \alpha + \gamma_1 \cdot g_t \cdot \mathbb{1}(g_t \leq \tau) + \gamma_2 \cdot g_t \cdot \mathbb{1}(g_t > \tau) + \delta \cdot \mathbb{1}(g_t > \tau) + \varepsilon_t \quad (4)$$

$$F = \left[\frac{SSR^0 - SSR^1}{2} \right] / \left[\frac{SSR^1}{n - 4} \right] \quad (\text{тест Чоу [11]}) \quad (5)$$

Экзогенный разрыв 2017 г.: $F = 48,78$ ($p < 0,001$); $\gamma_{до} = -0,612$; $\gamma_{после} = -0,860$ (+40%). Эндогенный порог $\tau^* = 21,2\%$: $F = 3,25$ ($p = 0,093$). Вывод: разрыв эластичности обусловлен институциональными реформами, а не механическим порогом роста.

Гибрид VAR+GRU. GRU-компонент корректирует нелинейные остатки OLS:

$$\hat{EI}_t = \exp(\ln(EI_{t-1}) + \Delta \ln(EI)_{VAR} + \hat{\varepsilon}_{GRU}) \quad (6)$$

GRU: 1 слой, 16 единиц, seq=3; входные признаки: $\Delta \ln(GDP)$, $\Delta \ln(EC)$, D_{2017} , EI_{t-1} , $\hat{\varepsilon}_{t-1}$. Сравнение точности всех моделей:

Таблица 3

Сравнительная точность прогностических моделей.

Модель	R ²	MAPE	Chow F	p	Вывод
А: Линейный OLS	0,870	4,49%	—	—	Базовый
В: Экзогенный разрыв 2017	0,990	0,34%	48,78	***	Лучший параметрич.
С: Эндогенный порог $\tau^* = 21,2\%$	0,928	2,33%	3,25	ns	Хуже модели В
Д: Гибрид VAR+GRU	0,999	0,12%	—	—	Лучший overall

Сохраняющийся разрыв энергоёмкости экономики Узбекистана и стран Европейского союза (около 4,5 раза) указывает на значительный потенциал повышения эффективности использования энергетических ресурсов и развития инструментов зелёного финансирования. В то же время снижение энергоёмкости сдерживается рядом структурных факторов, включая высокий уровень энергетических субсидий (21,1% ВВП), потери в энергетических сетях (около 12,5%) и относительно низкую долю возобновляемых источников энергии (~11%). В соответствии с национальными климатическими обязательствами предполагается увеличение доли ВИЭ до 40% к 2030 году, что должно способствовать ускорению энергетической трансформации экономики.

Прогнозные расчёты на основе гибридной модели ($\gamma_{posle} = -0,860$) показывают, что при умеренном сценарии экономического роста (около 6% в год) энергоёмкость к 2030 году может снизиться до 0,066–0,075 кг н.э./долл. (-16–26%). При инерционном сценарии (рост ВВП около 4,5% в год) снижение составит лишь около 8,4%. Эконометрический анализ подтверждает, что экономический рост является ключевым фактором сокращения энергоёмкости (γ

= -0,975), тогда как реформы 2017 года усилили данную зависимость примерно на 40%.

Список источников:

1. IEA. *World Energy Balances 2023*. — Paris: IEA, 2023. — URL: iea.org
2. Enerdata. *Global Energy Statistical Yearbook 2023*. — Grenoble: Enerdata, 2023.
3. World Bank. *World Development Indicators*. — Washington, 2024. — URL: data.worldbank.org
4. BP/Energy Institute. *Statistical Review of World Energy 2024*. — London, 2024.
5. IMF. *World Economic Outlook Database, April 2024*; Агентство статистики РУз. — stat.uz
6. Dickey D.A., Fuller W.A. *Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root // JASA*. — 1979. — Vol.74. — P.427–431.
7. Granger C.W.J., Newbold P. *Spurious regressions in econometrics // Journal of Econometrics*. — 1974. — Vol.2. — P.111–120.
8. Муслимова Ф.С., Хашимова Н.А. *Эконометрический анализ энергоёмкости ВВП Узбекистана // Дисс. исследование, ТГЭУ, 2025*.
9. Ang B.W., Liu F.L. *A new energy decomposition method // Energy*. — 2001. — Vol.26. — P.537–548.
10. Hansen B.E. *Sample splitting and threshold estimation // Econometrica*. — 2000. — Vol.68. — P.575–603.
11. Chow G.C. *Tests of equality between sets of coefficients // Econometrica*. — 1960. — Vol.28. — P.591–605.
12. UNECE. *Uzbekistan Policy Brief on Energy Efficiency*. — Geneva: UNECE, 2024.
13. *Стратегия «Узбекистан — 2030»; Программа «Зелёная экономика» 2019–2030*. — lex.uz

UZBEKISTAN'S GREEN AND SDG BONDS: TURNING SUSTAINABILITY COMMITMENTS INTO SCALABLE FINANCING

Kholikov Khamidulla, PhD

*Senior specialist, the Central Bank of the Republic of Uzbekistan
Adjunct lecturer, Tashkent State University of Economics*

Uzbekistan's move toward Green and SDG bond financing is increasingly not a matter of choice but of necessity, driven by sizable development investment demands, intensifying climate and resource constraints, and the imperative to preserve fiscal sustainability. The country faces a structurally high demand for long-term capital to modernize energy, water, transport, and social infrastructure – sectors that directly determine productivity, competitiveness, and living standards – while simultaneously meeting the decarbonization agenda embedded in the “Uzbekistan – 2030” Strategy (PF-158)²⁵, particularly Goal No. 51 on the transition to a green economy. In this context, standard budget funding and conventional debt issuance are unlikely to finance large-scale transformational investments without heightening macro-financial risks. By contrast, Green and SDG bonds offer a structured instrument to attract domestic and international savings, earmark proceeds for clearly defined sustainable projects, and reinforce market confidence through enhanced transparency and impact reporting.

²⁵ Decree of the President of the Republic of Uzbekistan “On the Strategy ‘Uzbekistan – 2030’, No. PF-158, dated 11 September 2023.