

**ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОЕ ПАРТНЕРСТВО В ОБЛАСТИ
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В РАЗВИВАЮЩИХСЯ СТРАНАХ****Светлана Валерьевна РАТНЕР^{а,*},****Андрей Эдуардович БЕРЕЗИН^б**

^а доктор экономических наук, главный научный сотрудник
лаборатории экономической динамики и управления инновациями,
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН;
профессор кафедры экономико-математического моделирования,
Российский университет дружбы народов (РУДН),
Москва, Российская Федерация
lanaratner@ipu.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3485-5595>
SPIN-код: 7840-4282

^б аспирант кафедры экономико-математического моделирования,
Российский университет дружбы народов (РУДН),
Москва, Российская Федерация
aberezin@alumni.harvard.edu
<https://orcid.org/0000-0001-9250-5177>
SPIN-код: 5940-4659

* Ответственный автор

История статьи:

Рег. № 34/2023
Получена 02.02.2023
Получена в
доработанном виде
08.02.2023
Одобрена 16.02.2023
Доступна онлайн
28.02.2023

УДК 338.2

JEL: O33, Q42

Ключевые слова:

государственно-частное
партнерство,
макроэкономические
факторы, рост
энергоэффективности,
технологическое
портфолио

Аннотация

Предмет. Несмотря на многочисленные исследования макроэкономических факторов развития инфраструктурных проектов государственно-частного партнерства (ГЧП), в литературе практически не представлены работы по проектам ГЧП в сфере электроэнергетики и природного газа. Между тем, эти проекты представляют собой отдельный интересный объект для изучения, так как имеют много положительных экстерналий, реализуются с привлечением большого количества разнотипных участников, характеризуются более высокой капиталоемкостью и наличием ряда скрытых рисков. Эти особенности позволяют выделить проекты ГЧП в области зеленой энергетики и энергоэффективных технологий в отдельную категорию и констатировать недостаточную изученность влияния макроэкономических факторов на данную категорию проектов.

Цели. Изучение важнейших макроэкономических факторов (уровня дохода) на интенсивность, технологическую структуру и результативность проектов ГЧП в секторе электроэнергетики и природного газа в развивающихся странах.

Методология. Применялись методы описательной статистики, непараметрической статистики и кластерного анализа.

Результаты. Результаты проведенного исследования свидетельствуют о том, что уровень дохода страны является важным макроэкономическим фактором, оказывающим влияние на количество и объем инвестиций в проекты ГЧП в сфере энергетики в развивающихся странах, а также на технологическую структуру портфеля проектов. Причем влияние данного фактора на количество и объем инвестиций в проекты ГЧП в сфере энергетики является нелинейным, а на технологическую структуру – линейным.

Выводы. Наиболее высокая интенсивность инвестиций в проекты ГЧП в

сфере энергетики наблюдается в странах с доходом ниже среднего. Влияние на уровень дохода страны на технологическую структуру портфеля проектов ГЧП проявляется в двух аспектах в росте доли проектов в электросетевом хозяйстве по мере роста уровня дохода страны и в росте доли ветровых проектов по мере роста уровня дохода страны.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2023

Для цитирования: Ратнер С.В., Березин А.Э. Государственно-частное партнерство в области энергоэффективности в развивающихся странах // *Экономический анализ: теория и практика*. – 2023. – Т. 22, № 2. – С. 264 – 290.
<https://doi.org/10.24891/ea.22.2.264>

Бюджетные ограничения, высокий уровень государственного долга и отсутствие достаточных средств часто называют причинами, по которым развивающиеся страны стремятся найти альтернативные методы финансирования своих потребностей в развитии инфраструктуры¹ [1–3]. В качестве такого альтернативного источника финансирования в последние десятилетия особенно популярной стала модель государственно-частного партнерства (ГЧП) [4–8]. В динамичной среде, где экономические и политические риски компаний особенно высоки, как для государственной, так и для частной стороны бывает сложно принять взвешенное решение об участии или неучастии в проекте ГЧП.

Макроэкономическая стабильность часто упоминается в литературе как значимый фактор для реализации проектов ГЧП² [5, 9–11]. Например, в исследовании [12] показано как различные институциональные факторы влияют на решения фирм об инвестициях в инфраструктуру на основе обработки панельных данных по 40 развивающимся странам в период с 1990 по 2000 г. Согласно результатам этого исследования, высокий уровень защиты права собственности и качество бюрократических процедур способствуют инвестициям частного сектора в инфраструктуру. Кроме того, было исследовано влияние таких макроэкономических показателей, как инфляция, рост ВВП, обменный курс и рыночная капитализация инвестиций фирм в инфраструктуру. Было выявлено, что уровень инфляции отрицательно коррелирует с ВВП на душу населения, но положительно связан с инвестициями. Исследование [11] показало, что страны с большим бюджетным дефицитом чаще использовали ГЧП, в то время как страны, обеспеченные природными ресурсами, с меньшей вероятностью использовали ГЧП, поскольку их бюджетные ограничения были не столь критичными.

В более позднем исследовании [13] изучено влияние нескольких макроэкономических переменных, а также показателей государственного финансирования и размера рынка на интенсивность реализации инфраструктурных

¹ Yang D.Y. Demand for Infrastructure Financing in Asia. Tokyo, Asian Development Bank Institute (ADBI), 2008.

² Thomsen S. Encouraging PPP in the utilities sector: The role of development assistance. NEPAD/OECD investment initiative, investment for African development: Making it happen, Background Information in Support of Session 5 Roundtable, 2005. URL: <https://www.oecd.org/investment/investmentfordevelopment/34843203.pdf>

проектов ГЧП в странах Африки к югу от Сахары. Было выявлено, что размер рынка был важным фактором, влияющим на интенсивность ГЧП. Кроме того, тяжелое налоговое бремя и инфляция показали отрицательные корреляции с активностью в области инфраструктурных ГЧП.

Однако, несмотря на многочисленные исследования макроэкономических факторов развития инфраструктурных ГЧП, пока в литературе практически не представлены работы по проектам ГЧП в сфере электроэнергетики и природного газа. Между тем, эти проекты представляют собой отдельный интересный объект для изучения. Все более усиливающиеся глобальные тренды декарбонизации мировой экономики проявляются для этой категории проектов том, что в секторе электроэнергетики все большее количество проектов ГЧП направлены на использование зеленой энергии, а в секторе природного газа – на использование инновационных энергоэффективных технологий. Такие проекты имеют гораздо больше положительных экстерналий, чем традиционные, а именно:

- улучшают состояние окружающей среды [14];
- способствуют развитию образования и науки [15];
- снижают энергетическую бедность [16];
- повышают энергетическую безопасность страны, в которой реализуются [17];
- повышают национальную безопасность [18].

Кроме того, проекты ГЧП в области зеленой энергетики и энергоэффективных технологий часто реализуются с участием крупных международных высокотехнологичных компаний, финансовых и страховых институтов. Так, в исследовании [14] на примере нескольких кейсов по США, Индии, Китаю, ЮАР и Гондурасу показано, что все проекты были реализованы при участии различных типов партнеров, включая национальные или местные органы власти (министерство энергетики США, муниципалитет Маунт-Диабло, министерство новых и возобновляемых источников энергии Индии), финансовые учреждения (Overseas Private Investment Corporation, Power Finance Corporation), инжиниринговые компании (Gamesa, Symbiont and Biothane LLC), производителей электроэнергии (Iberdrola), покупателей или дистрибьюторов электроэнергии (Eskom, We Energies), физических лиц (представителей местных сообществ), страховых компаний. Это разнообразие партнеров является как количественным, так и качественным, что позволяет говорить о большей открытости проектов ГЧП в сфере возобновляемой энергетики и энергоэффективности для участия различных заинтересованных сторон.

Еще одна особенность проектов ГЧП в сфере зеленой энергетики и энергоэффективности состоит в том, что, как правило, новые энергетические

технологии имеют более высокую капиталоемкость, нежели традиционные, а их практическое использование сопряжено с дополнительными рисками. Множество уже ставших классическими исследований по теории разрыва энергоэффективности свидетельствуют о том, что внедрение энергоэффективных технологий может иметь так называемую скрытую стоимость [19]. Под этим термином понимается ситуация, когда инженерные и экономические исследования не учитывают таких затрат, как стоимость проведения энергетического аудита, затраты на создание и поддержание системы энергетического менеджмента, затраты на утилизацию ранее используемого оборудования, затраты на переобучение персонала и т. д. В такой ситуации широко рекламируемые доступные рыночные цены энергоэффективных технологий не отражают полной стоимости их внедрения. Кроме того, в случае энергоэффективных технологий такие факторы внешней среды, как неопределенность цен на энергию, особенно в краткосрочном периоде, оказывают значительное влияние на ожидания инвесторов и их оценку риска [20].

Все перечисленные особенности позволяют выделить проекты ГЧП в области зеленой энергетики и энергоэффективных технологий в отдельную категорию и констатировать недостаточную изученность влияния макроэкономических факторов на данные проекты.

Целью нашего исследования является изучение важнейших макроэкономических факторов (уровня дохода) на интенсивность и технологическую структуру проектов ГЧП в секторе электроэнергетики и природного газа в развивающихся странах.

Информационной базой исследования послужили данные Всемирного банка, а именно – база данных Private Participation in Infrastructure (PPI), которая содержит панельные данные об инфраструктурных проектах ГЧП в 137 странах с низким и средним уровнем дохода за период с 1990 по 2016 г.³ Структура базы данных позволяет формировать пользовательские запросы о проектах с разбивкой на отдельные сектора, в том числе сектор Energy (энергетика), который, в свою очередь, может быть декомпозирован на подсектора Electricity (электроэнергетика) и Natural Gas (природный газ). В рамках каждого подсектора также возможно разбиение проектов на категории. В подсекторе Electricity это разбиение на Generation (генерация), Transmission (передача), Distribution (распределение), а также на различные сочетания генерации и передачи или распределения электроэнергии. В подсекторе Natural Gas возможно разбиение проектов на Transmission (передача) и Distribution (распределение). Кроме того, использовались стандартные наборы данных Всемирного банка по ВВП, количеству населения, доступу к электричеству и т. д. Учитывая то, что из 137 стран, представленных в базе PPI, только 107 выполняли проекты ГЧП в энергетическом секторе, общая выборка составила 107 наблюдений.

³ Infrastructure Finance, PPPs & Guarantees. URL: <https://ppi.worldbank.org/en/customquery>

Для оценки уровня инвестиций в проекты ГЧП в сфере энергетики в нашем исследовании использовался относительный показатель, который позволяет учитывать размер экономики страны, а именно – отношение объема инвестиций за весь рассматриваемый период к ВВП страны. Такой подход позволяет обеспечить сопоставимость полученных результатов исследований с исследованиями других авторов, проведенными без учета отраслевой направленности проектов ГЧП [21]. Под технологическим профилем проектов ГЧП в нашем исследовании понимается множество значений в диапазоне от 0 до 1, каждое из которых представляет собой долю проектов, реализуемых по определенной технологии (например, проектов по строительству солнечных фотовольтаических объектов), в общем количестве проектов ГЧП в секторе электроэнергетики.

Учитывая, что все количественные показатели из используемых нами баз данных не имели нормального распределения, в исследовании были использованы методы непараметрической статистики, а именно – тест Краскела – Уоллиса, тест Мана – Уитни, таблицы кросс-табуляции и непараметрическая корреляция. Кроме того, использовался кластерный анализ для выявления общности и различий стран по технологическому профилю проектов в секторе электроэнергетики. Кластерный анализ проводился методом k -средних с использованием иерархических алгоритмов кластеризации. В качестве меры расстояния между объектами кластера использовалось евклидово расстояние. Все непараметрические тесты и кластерный анализ были выполнены в пакете прикладных программ STATISTICA 12.0.

В результате проведения серии тестов Краскела – Уоллиса было выявлено, что различия между странами по уровню дохода влияют на интенсивность инвестиций в проекты ГЧП в энергетике в целом. Так, согласно расчетам, значение критериальной статистики $H = 7,166$, а ее уровень статистической значимости $p = 0,0278$ (табл. 1), что говорит о статистической значимости различий между группами на уровне $p = 0,05$.

Как показывает анализ выявленных различий с помощью коробчатых диаграмм (рис. 1), страны с низким уровнем дохода ожидаемо демонстрируют наименьшую среднюю интенсивность инвестиций в проекты ГЧП в сфере энергетики, в странах с доходом ниже среднего эта интенсивность существенно возрастает, а в странах с доходом выше среднего – опять снижается. Таким образом, влияние уровня дохода страны на интенсивность инвестиций в ГЧП-проекты в сфере энергетики является нелинейным.

Похожий результат получается при проведении теста Краскела – Уоллиса для оценки влияния различий между странами по уровню дохода на интенсивность инвестиций в проекты ГЧП в секторе электроэнергетики (табл. 1, рис. 2).

Между тем, статистически значимых различий между странами по уровню дохода в интенсивности инвестиций в проекты ГЧП в секторе природного газа не выявлено (табл. 1).

В результате проведения серии тестов Краскела – Уолиса по оценке влияния уровня дохода страны на технологический профиль проектов было выявлено, что уровень дохода страны имеет статистически значимое влияние на уровне $p = 0,1$ на долю проектов ГЧП в электросетевом хозяйстве (по трансмиссии и дистрибуции) в общем количестве проектов в электроэнергетике (табл. 1, рис. 3).

Как показывает анализ выявленных различий с помощью коробчатых диаграмм (рис. 3), страны с низким уровнем дохода имеют наименьшую долю проектов в электросетевом хозяйстве, в странах с доходом ниже среднего эта доля существенно возрастает, а в странах с доходом выше среднего доля таких проектов является наибольшей. Таким образом, влияние уровня дохода страны на долю проектов ГЧП в электросетевом хозяйстве имеет характер, близкий к линейному.

Кроме того, было выявлено, что различия в уровне дохода стран оказывают влияние на технологическую структуру ГЧП в секторе генерации электроэнергии, а именно – наблюдаются статистически значимые различия (на уровне выше $p = 0,05$) в доле проектов в области ветровой энергетики (табл. 1, рис. 4).

Характер выявленных различий (рис. 4) также близок к линейному. Страны с низким уровнем дохода имеют наименьшую долю ветровых проектов, в странах с доходом ниже среднего эта доля гораздо выше, а в странах с доходом выше среднего доля таких проектов является наибольшей.

В результате кластеризации стран по технологическому спектру ГЧП в сфере электрогенерации было выделено четыре группы стран (табл. 2). При разбиении на четыре кластера, с одной стороны, свой вклад в кластеризацию вносит наибольшее количество переменных (6 из 11), с другой стороны, количество кластеров обозримо и позволяет дать логичную интерпретацию, выявить наиболее существенные различия между группами стран.

Эти четыре кластера были определены как кластер стран с преобладанием проектов ГЧП по фотовольтаике (кластер 1), кластер стран с преобладанием проектов ГЧП по природному газу и дизелю (кластер 2), кластер стран с наиболее диверсифицированной технологической структурой проектов с акцентом на малую гидроэнергетику и ветровую энергетику и кластер стран с преобладанием проектов ГЧП по большой гидроэнергетике (рис. 5).

К кластеру 1 (преобладание проектов по фотовольтаике) в итоге было отнесено 25 стран. Это Китай, Малайзия, Азербайджан, Болгария, Бурунди, Чад, Конго, Египет, Сальвадор, Эсватини, Гвинея, Иран, Ямайка, Иордан, Малави, Мали, Мексика, Мозамбик, Намибия, ЮАР, Сан-Китс и Невис, Таиланд, Украина, Узбекистан,

Замбия. К кластеру 2 (преобладание ГЧП по газу и дизелю) было отнесено 28 стран: Камбоджа, Афганистан, Алжир, Ангола, Армения, Бангладеш, Боливия, Ботсвана, Гаити, Коморы, Кот-д'Ивуар, Куба, Эфиопия, Фиджи, Гамбия, Гана, Ирак, Ливан, Мьянма, Нигерия, Сенегал, Сьерра-Леоне, Танзания, Того, Тонга, Тунис, Венесуэла, Йемен.

Кластер 3 (страны с наиболее диверсифицированной технологической структурой ГЧП с акцентом на малой гидроэнергетике и ветровой энергетике) оказался самым многочисленным. В него вошли 44 страны, а именно: Албания, Аргентина, Босния и Герцеговина, Бразилия, Беларусь, Белиз, Буркина-Фасо, Кабо-Верде, Доминикана, Гватемала, Индия, Коста-Рика, Джибути, Эквадор, Габон, Гайана, Гондурас, Индонезия, Казахстан, Кения, Косово, Либерия, Мадагаскар, Малайзия, Маврикий, Монголия, Черногория, Марокко, Непал, Никарагуа, Северная Македония, Пакистан, Перу, Филиппины, Россия, Руанда, Сан-Томе и Принсипи, Сербия, Соломоновы острова, Шри-Ланка, Тимор-Лесте, Турция, Уганда, Вьетнам, Зимбабве.

Кластер 4 (преобладание ГЧП по большой гидроэнергетике), наоборот, является самым малочисленным и состоит из всего 8 стран. Это Бутан, Камерун, Колумбия, Доминикана, Грузия, Лаос, Лесото, Таджикистан.

Наличие статистически значимых различий между получившимися кластерами стран по уровню дохода были проверены с помощью таблиц кросс-табуляций. Обе переменные – номер кластера и уровень дохода – рассматривались как номинальные. Расчет χ^2 -статистики Пирсона и χ^2 -статистики по методу максимального правдоподобия показывает наличие взаимосвязи между этими двумя признаками (табл. 3).

Двухвходовая таблица кросс-табуляции представлена на рис. 6 в виде скрина с экрана программы STATISTICA. Анализируя данные таблицы, можно заметить, что кластер 1 имеет наибольшую долю стран с уровнем дохода Upper middle 48%, за ним следует третий кластер с долей стран с уровнем дохода Upper middle 43,18%. Кластер 2 имеет наибольшую долю стран с уровнем дохода Low 32,14%, за ним следует первый кластер с долей стран с уровнем дохода Low 28%.

Таким образом, можно сделать вывод, что для стран с уровнем дохода выше среднего характерен либо первый (акцент на фотовольтаику), либо третий (диверсифицированная структура с акцентом на малую гидроэнергетику и ветровую энергетику) технологический профиль проектов ГЧП в сфере электрогенерации. Для стран с низким уровнем дохода характерен либо второй (акцент на природный газ и дизель), либо первый (акцент на фотовольтаику) технологический профиль. Учитывая ранее полученные выводы о том, что уровень дохода страны также влияет на количество и объем проектов в секторе передачи и распределения энергии (электросетевом хозяйстве), очевидно, что страны с низким уровнем дохода больше

ориентируются на распределенную генерацию на основе фотовольтаики и газодизельных генераторов.

Для оценки влияния проектов ГЧП в энергетической сфере на динамику энергоэффективности национальных экономик нами также была проведена серия непараметрических тестов. Динамика энергоэффективности изучаемых стран оценивалась по данным Всемирного банка по показателю ВВП на килограмм нефтяного эквивалента используемой энергии (GDP per unit of energy use, constant 2017 PPP \$ per kg of oil equivalent). Мы рассчитывали разницу (переменная *Diff*) в процентах между показателями 1990 г. (начальный период реализации проектов ГЧП) и последними имеющимися данными для каждой страны⁴. Кроме того, для оценки динамики энергоэффективности на качественном уровне (произошел рост или произошло снижение) мы использовали переменную *Diff(sign)*, значение которой для каждой страны соответствует знаку показателя *Diff*.

Тест Краскела – Уоллиса показал наличие различий в динамике энергоэффективности между странами, принадлежащими разным группам по уровню дохода (табл. 1, рис. 7). В группе стран с доходом ниже среднего больше всего стран повысили свою энергоэффективность (рис. 7). Заметим, что в этой группе вообще не оказалось стран, чья энергоэффективность снизилась бы за исследуемый период. В группе стран с доходом выше среднего этот показатель ниже, а в группе стран с низким уровнем дохода – самый низкий.

Результаты расчетов коэффициентов непараметрической корреляции свидетельствуют о наличии статистически значимой положительной связи между ростом энергоэффективности и долей проектов в секторе передачи и распределения электроэнергии, то есть в электросетевом хозяйстве: коэффициент ранговой корреляции Спирмена между этими показателями равен 0,28, уровень статистической значимости $p < 0,05$. Подобная взаимосвязь выявлена между технологической структурой портфеля проектов ГЧП и ростом энергоэффективности: наблюдается слабая положительная корреляция между ростом энергоэффективности и долей ветровых ГЧП-проектов ($R = 0,232$; $p < 0,05$) и слабая отрицательная корреляция между ростом энергоэффективности (измеренном как в количественном, так и в качественном выражении) и долей проектов по генерации на основе природного газа и дизеля.

Однако было бы не вполне корректно делать вывод о том, что высокая доля проектов в электросетевом хозяйстве, так же, как и высокая доля ветровых проектов, является причиной роста энергоэффективности экономики страны, а высокая доля проектов в секторе генерации на основе природного газа и дизеля – является причиной снижения энергоэффективности экономики. Так как энергоэффективность экономики зависит не только от сектора генерации энергии и

⁴Так как база данных Всемирного банка содержит данные по энергоэффективности не по всем странам, выборка сократилась до 90 стран.

электросетевого хозяйства, но и практически от всех других отраслей экономики, а также ее отраслевой структуры, выявленное нами влияние объясняет лишь малую долю изменений в энергоэффективности.

Кроме того, направление причинно-следственной связи также не вполне ясно. Положительная корреляция может объясняться и тем, что страны, выбравшие курс на рост энергоэффективности, и имеющие четкие государственные политики в этом направлении, отдают предпочтение определенным технологиям при выборе проектов ГЧП. Эта последняя гипотеза подтверждается результатами серии непараметрических тестов Манна – Уитни, которые используются для оценки различий в технологической структуре портфеля ГЧП – проектов между группами стран, разделенных на две группы в зависимости от знака изменений энергоэффективности (табл. 4).

На уровне статистической значимости $p = 0,05$ выявлены различия между группой стран, в которых произошел рост энергоэффективности, и группой стран, в которых произошло снижение энергоэффективности, по доле ветровых проектов и по доле проектов в генерации на основе природного газа и/или дизеля. В странах с растущей энергоэффективностью доля ветровых проектов выше, а доля проектов на основе природного газа и/или дизеля – ниже. По другим технологиям генерации электроэнергии статистически значимых различий между странами с растущей и снижающейся энергоэффективностью не выявлено.

Результаты проведенного исследования свидетельствуют о том, что уровень дохода страны является важным макроэкономическим фактором, оказывающим влияние на количество и объем инвестиций в проекты ГЧП в сфере энергетики в развивающихся странах, а также на технологическую структуру портфеля проектов. Причем влияние данного фактора на количество и объем инвестиций в проекты ГЧП в сфере энергетики является нелинейным, а на технологическую структуру – линейным. Наиболее высокая интенсивность инвестиций в проекты ГЧП в сфере энергетики наблюдается в странах с доходом ниже среднего (Low Middle Income). Влияние на технологическую структуру портфеля ГЧП-проектов проявляется в двух аспектах: в росте доли проектов в электросетевом хозяйстве и в росте доли ветровых проектов по мере роста уровня дохода страны.

В результате кластеризации стран по технологическому спектру ГЧП в сфере электрогенерации было выделено четыре группы стран:

- кластер стран с преобладанием проектов ГЧП по фотовольтаике;
- кластер стран с преобладанием проектов ГЧП по природному газу и дизелю;
- кластер стран с наиболее диверсифицированной технологической структурой проектов с акцентом на малую гидроэнергетику и ветровую энергетику;

- кластер стран с преобладанием ГЧП по большой гидроэнергетике.

При этом для стран с уровнем дохода выше среднего характерен либо первый (акцент на фотовольтаику), либо третий (диверсифицированная структура с акцентом на малую гидроэнергетику и ветровую энергетику) технологический профиль проектов ГЧП в сфере электрогенерации. Для стран с низким уровнем дохода характерен либо второй (акцент на природный газ и дизель), либо первый (акцент на фотовольтаику) технологический профиль.

Что касается влияния проектов ГЧП на рост энергоэффективности экономики страны в целом, то можно говорить о том, что реализация проектов в электросетевом хозяйстве, а также реализация ветровых проектов больше всего коррелируют с ростом энергоэффективности. Реализация проектов ГЧП в секторе генерации электроэнергии на основе дизеля и/или природного газа меньше всего способствует росту энергоэффективности экономики в целом. Несмотря на то, что речь не идет о прямой зависимости проектов ГЧП по генерации на основе природного газа/дизеля и отсутствием роста энергоэффективности экономики, государственным структурам следует более избирательно подходить к выбору технологий, которые составляют основу энергетических проектов ГЧП. В современной ситуации, когда энергетический переход является мейнстримом развития мировой экономики, реализация проектов ГЧП на основе устаревших энергетических технологий снижает способность страны к достижению целей глобальной климатической политики.

Таблица 1
Результаты тестов Краскела–Уолиса

Table 1
Kruskal–Wallis test results

Зависимая переменная	Независимая (группирующая) переменная	Значение <i>H</i> -статистики	Уровень статистической значимости критерияльной статистики <i>p</i>
Общие инвестиции в энергетические ГЧП / ВВП страны	Группа «страны по уровню дохода»	7,1661	0,0278
Общие инвестиции в проекты ГЧП в электроэнергетике / ВВП страны		7,0844	0,029
Общие инвестиции в проекты ГЧП в секторе природного газа / ВВП страны		3,3473	0,1876
Доля проектов ГЧП в электросетевом хозяйстве (% от общего количества проектов в энергетике)		4,8987	0,0864
Доля ветровых проектов ГЧП (% от общего количества проектов в электроэнергетике)		12,7958	0,0017
Изменения в энергоэффективности		8,63787	0,0133

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 2**Статистика Фишера по каждой переменной, определяющей технологическую структуру проектов ГЧП в сфере генерации электроэнергии****Table 2****Fisher statistics for each variable that determines the technological structure of PPP projects in the field of electricity generation**

Переменная	Межгрупповая дисперсия	Внутригрупповая дисперсия	F-статистика	p-уровень
Доля угольных проектов	711,35	8 132,04	2,945	0,03655
Доля проектов большой гидроэнергетики	46 502,14	9 632,19	162,5355	0
Доля проектов малой гидроэнергетики	8 639,83	30 192,38	9,634	0,00001
Доля геотермальных проектов	78,6	3 096,62	0,8545	0,46739
Доля биоэнергетических проектов	351,28	13 462,57	0,8785	0,45496
Доля ветровых проектов	9 435,68	37 246,8	8,5287	0,00004
Доля концентрированных солнечных проектов	28,68	847,49	1,1392	0,337
Доля фотовольтаических солнечных проектов	63 239,89	23 265,8	91,511	0
Доля проектов «мусор – в энергию»	604,54	14 833,29	1,3721	0,25564
Доля газовых и дизельных проектов	85 624,27	28 977,58	99,4798	0
Доля атомных проектов	5,04	198,21	0,8554	0,466911

Источник: авторская разработка*Source:* Authoring

Таблица 3

Критериальные статистики χ^2 для проверки гипотезы о наличии связи между признаками «номер кластера» и «уровень дохода страны»

Table 3

χ^2 statistics for the hypothesis about the existence of a relationship between the features *Cluster Number* and *Country Income Level*

Статистика	χ^2	Число степеней свободы <i>df</i>	Уровень статистической значимости <i>p</i>
Пирсона	17,58978	6	0,00734
Максимального правдоподобия	20,2354	6	0,00251

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 4

Результаты теста Манна – Уитни по различиям в технологической структуре проектов ГЧП между странами с разными направлениями изменений энергоэффективности

Table 4

Results of the Mann–Whitney test on differences in the technological structure of PPP projects between countries with different directions of changes in energy efficiency

Переменная	Z-статистика	<i>p</i> -уровень Z-статистики	Z-adjusted	<i>p</i> -уровень Z-adjusted
Доля угольных проектов	0,69882	0,484667	0,86212	0,388624
Доля проектов большой гидроэнергетики	0,60979	0,541998	0,70606	0,480153
Доля проектов малой гидроэнергетики	0,76113	0,446579	0,85962	0,389997
Доля геотермальных проектов	–0,07122	0,943225	–0,10686	0,914901
Доля биоэнергетических проектов	0,93027	0,352231	1,16245	0,245055
Доля ветровых проектов	2,04304	0,04105	2,1841	0,028956
Доля концентрированных солнечных проектов	0,06677	0,946768	0,11735	0,906583
Доля фотовольтаических солнечных проектов	–0,29822	0,765535	–0,31228	0,754832
Доля проектов «мусор – в энергию»	1,01039	0,312309	1,41611	0,156743
Доля газовых и дизельных проектов	–2,44808	0,014362	–2,49576	0,012569
Доля атомных проектов	0,227.	0,820421	0,88901	0,0374

Источник: авторская разработка

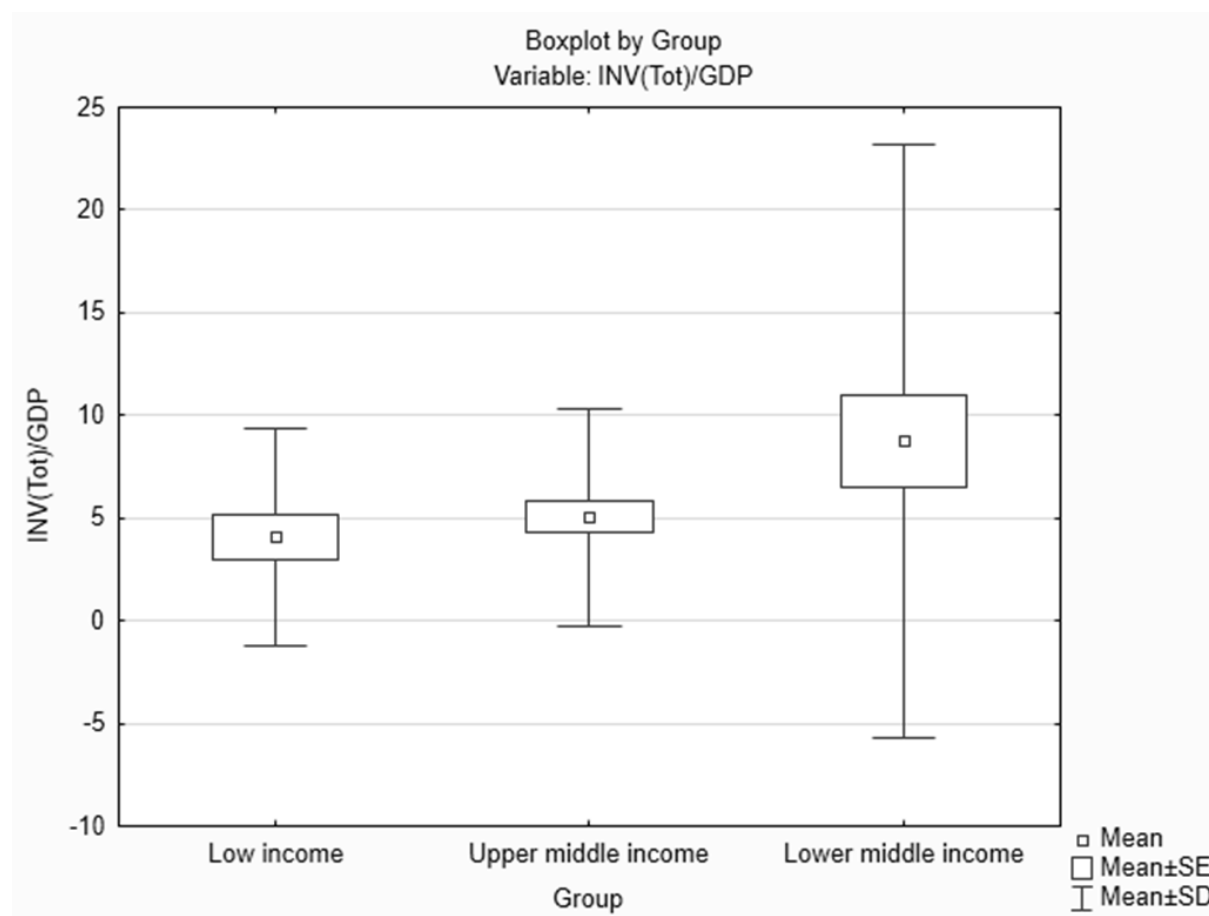
Source: Authoring

Рисунок 1

Различия в интенсивности инвестиций в проекты ГЧП по уровню дохода страны

Figure 1

Differences in the intensity of investment in PPP projects by country income level



Источник: авторская разработка

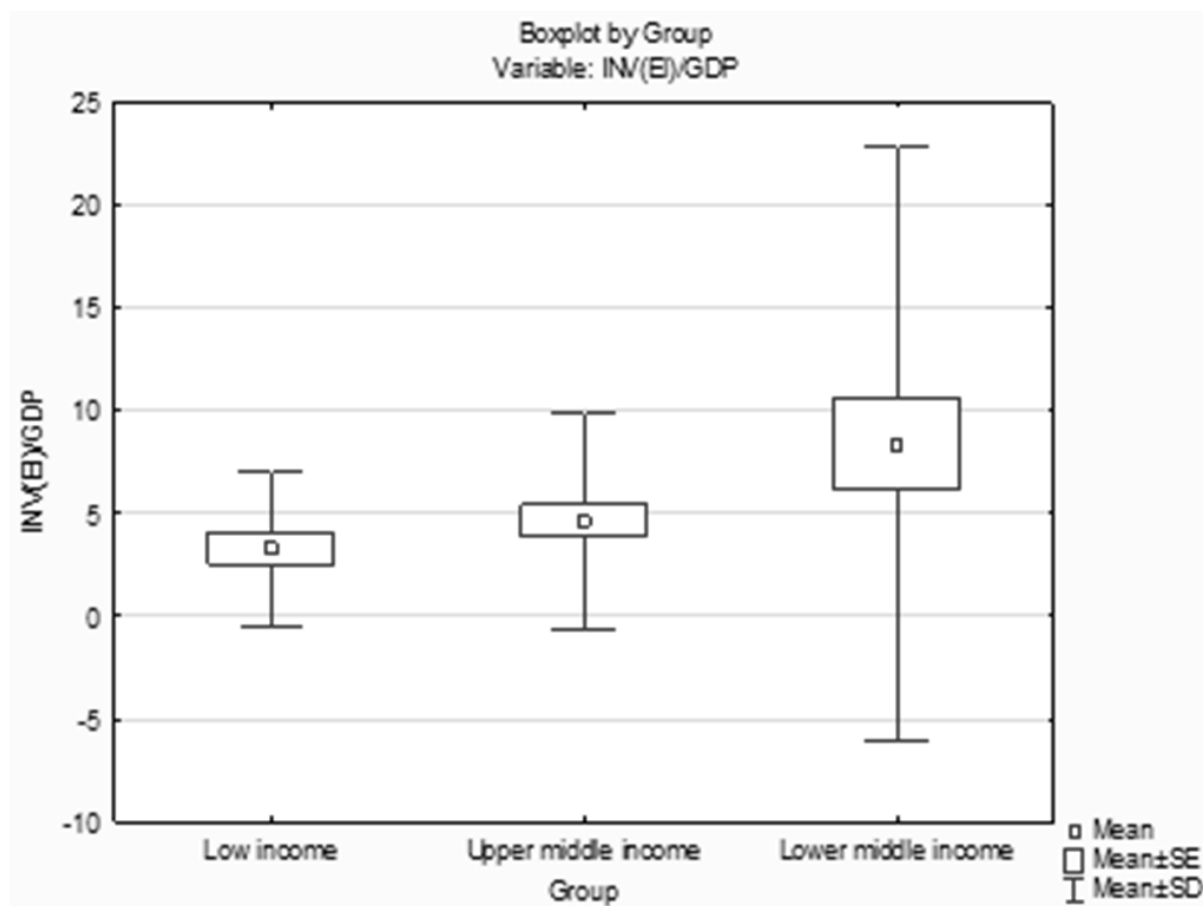
Source: Authoring

Рисунок 2

Различия в интенсивности инвестиций в проекты ГЧП в секторе электроэнергетики по уровню дохода страны

Figure 2

Differences in the intensity of investment in PPP projects in the electricity sector by country income level



Источник: авторская разработка

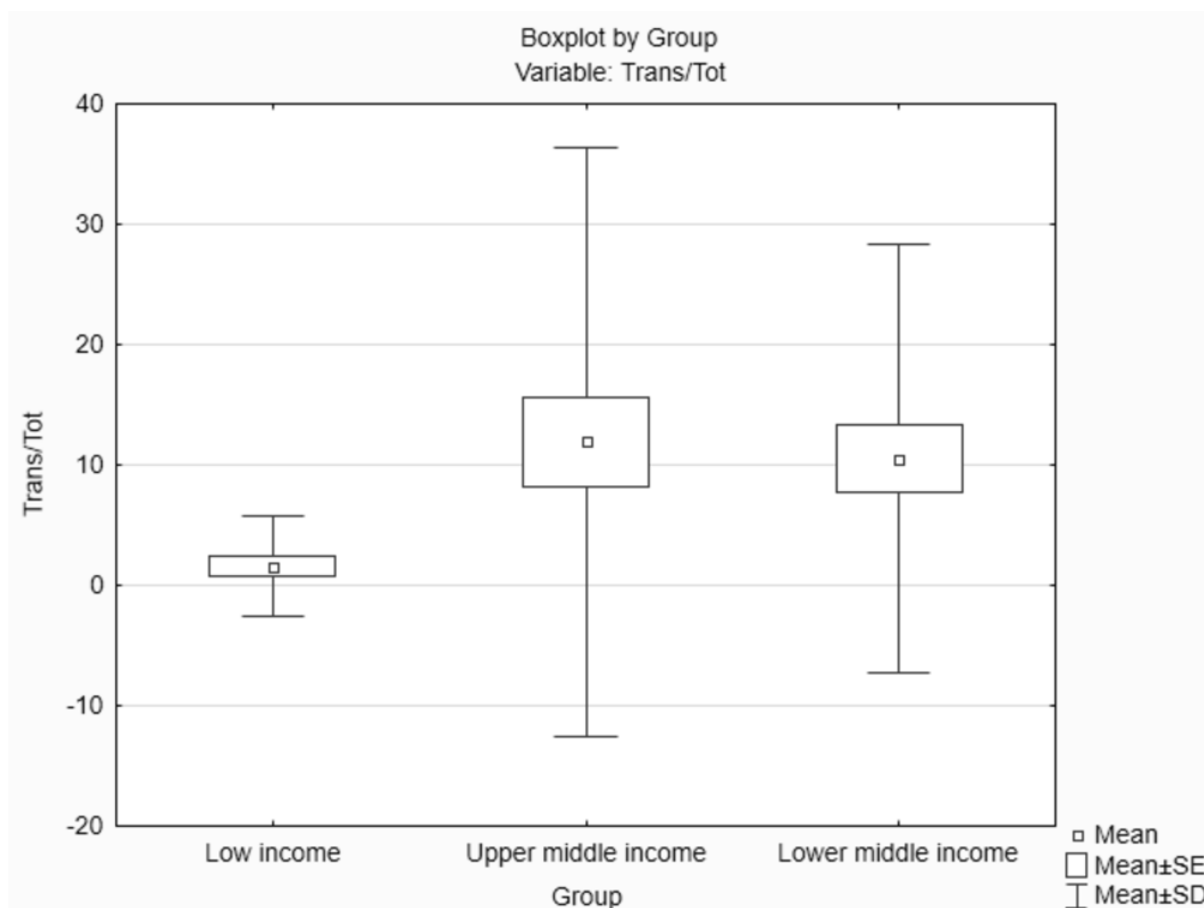
Source: Authoring

Рисунок 3

Различия в доле проектов ГЧП в электросетевом хозяйстве (по трансмиссии и дистрибуции) по уровню дохода страны

Figure 3

Differences in the share of PPP projects in the power grid sector (by transmission and distribution) by country income level



Источник: авторская разработка

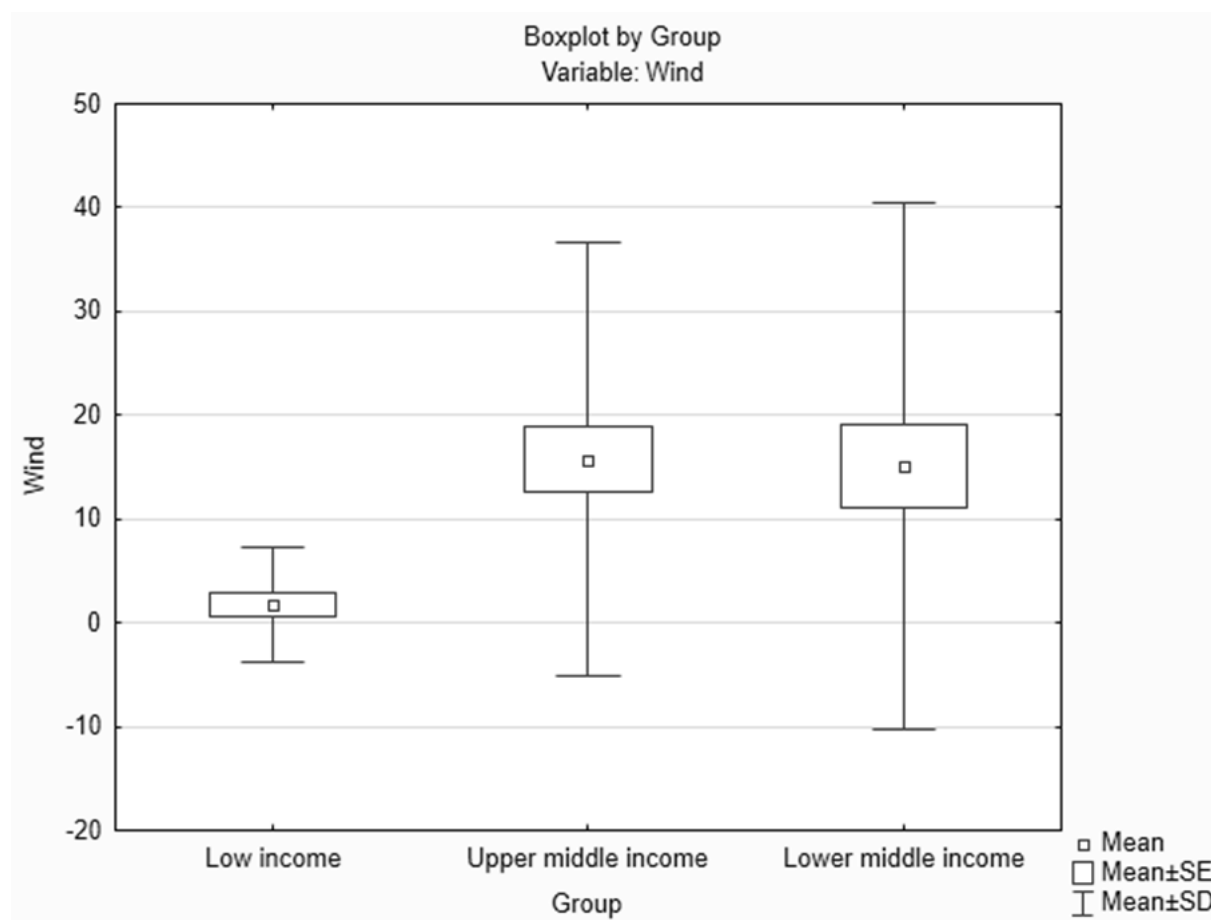
Source: Authoring

Рисунок 4

Различия в доле ветровых проектов ГЧП по уровню дохода страны

Figure 4

Differences in the share of PPP wind projects by country income level



Источник: авторская разработка

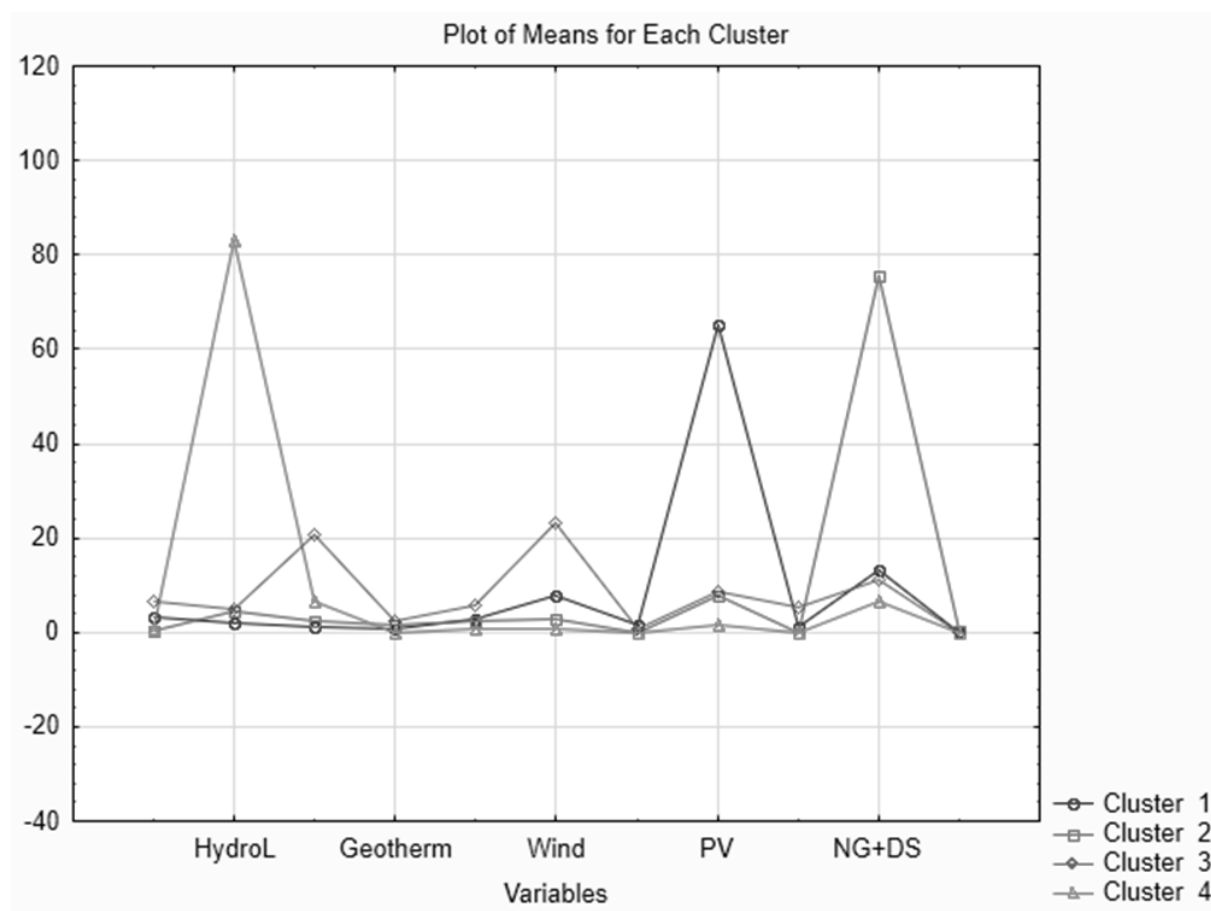
Source: Authoring

Рисунок 5

Различия между кластерами по каждой переменной

Figure 5

Differences between clusters for each variable



Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Рисунок 6**Двухвходовая таблица кросс-табуляции****Figure 6****Two-way crosstab table**

Income	2-Way Summary Table: Observed Frequencies (Spreadsheet1)				
	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4	Row Totals
1	7	9	7	0	23
Column %	28,00%	32,14%	15,91%	0,00%	
Row %	30,43%	39,13%	30,43%	0,00%	
Total %	6,67%	8,57%	6,67%	0,00%	21,90%
2	6	9	18	8	41
Column %	24,00%	32,14%	40,91%	100,00%	
Row %	14,63%	21,95%	43,90%	19,51%	
Total %	5,71%	8,57%	17,14%	7,62%	39,05%
3	12	10	19	0	41
Column %	48,00%	35,71%	43,18%	0,00%	
Row %	29,27%	24,39%	46,34%	0,00%	
Total %	11,43%	9,52%	18,10%	0,00%	39,05%
Totals	25	28	44	8	105
Total %	23,81%	26,67%	41,90%	7,62%	100,00%

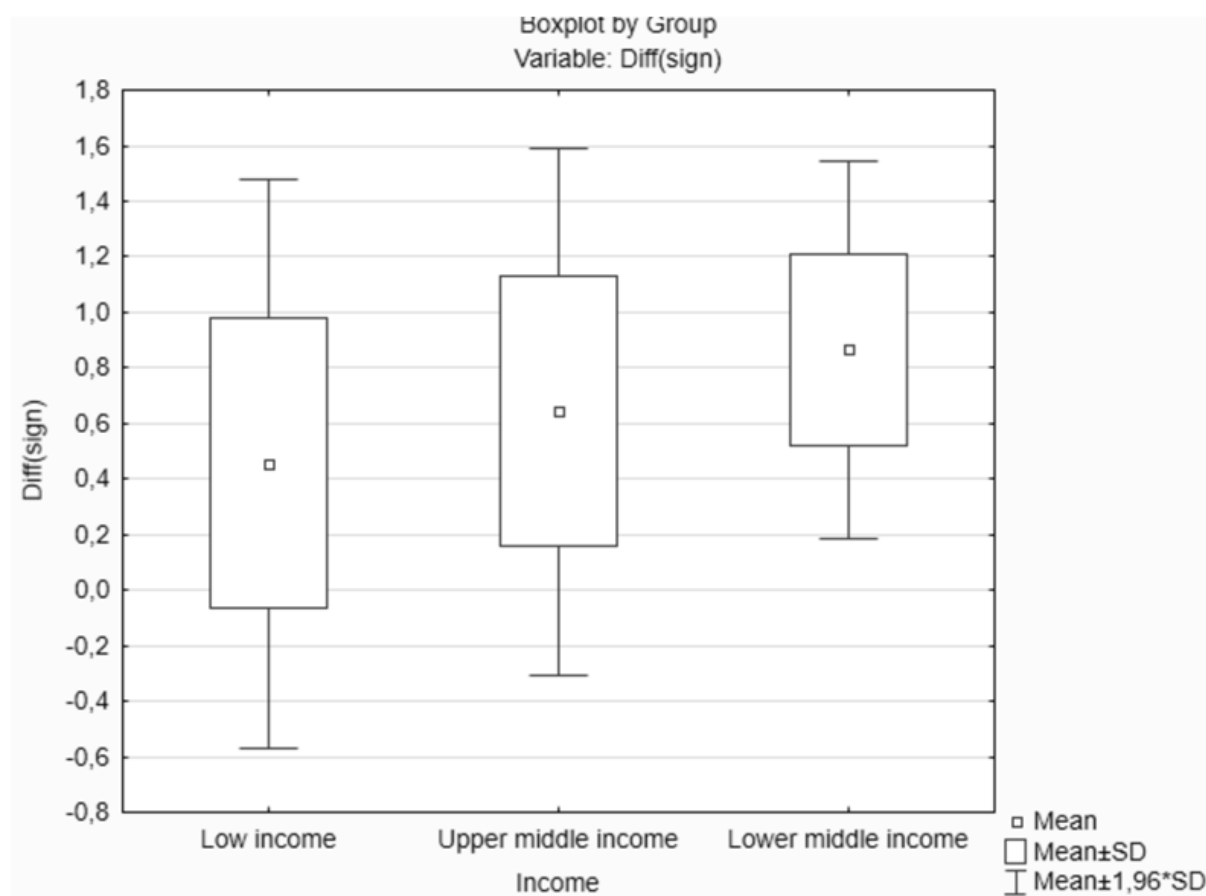
*Источник: авторская разработка**Source: Authoring*

Рисунок 7

Различия в росте энергоэффективности по уровню дохода страны

Figure 7

Differences in energy efficiency growth by country income



Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Список литературы

1. Altug S., Firat M.C. Borrowing constraints and saving in Turkey. *Central Bank Review*, 2018, vol. 18, iss. 1, pp. 1–11.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.cbrev.2018.01.002>
2. Amos S., Zanhoun D.A.K. Financial constraints, firm productivity and cross-country income differences: Evidence from sub-Saharan Africa. *Borsa Istanbul Review*, 2019, vol. 19, iss. 4, pp. 357–371.
URL: <https://dx.doi.org/10.1016/j.bir.2019.07.004>
3. Arezki R., Bolton P., Peters S. et al. From global savings glut to financing infrastructure. *Economic Policy*, 2017, vol. 32, iss. 90, pp. 221–261.
URL: <https://doi.org/10.1093/epolic/eix005>
4. Andrews R., Entwistle T. Public-private partnerships, management capacity and public service efficiency. *Policy & Politics*, 2015, vol. 43, iss. 2, pp. 273–290.
URL: <https://doi.org/10.1332/030557314X13917703359707>
5. Boyer E.J., Scheller D.S. An examination of state-level Public-Private Partnership adoption: Analyzing economic, political, and demand-related determinants of PPPs. *Public Works Management & Policy*, 2018, vol. 23, iss. 1, pp. 5–33.
URL: <https://doi.org/10.1177/1087724X17729097>
6. Maurya D.S., Srivastava A.K. Managing partner opportunism in public-private partnerships: the dynamics of governance adaptation. *Public Management Review*, 2019, vol. 21, iss. 10, pp. 1420–1442.
URL: <https://doi.org/10.1080/14719037.2018.1559341>
7. Sharma C. Determinants of PPP in infrastructure in developing economies. *Transforming Government: People, Process and Policy*, 2012, vol. 6, iss. 2, pp. 149–166. URL: <https://doi.org/10.1108/17506161211246908>
8. Yurdakul H., Kamasak R. Investment through public private partnership (PPP): The impact of PPP activities on the growth of GDP. *PressAcademia Procedia*, 2020, vol. 11, pp. 150–152. URL: <https://doi.org/10.17261/Pressacademia.2020.1257>
9. Delmon J. *Public-Private Partnership Projects in Infrastructure: An Essential Guide for Policy Makers*. New York, Cambridge University Press, 2011.
10. Ehrhardt D., Irwin T.C. Avoiding Customer and Taxpayer Bailouts in Private Infrastructure Projects: Policy Toward Leverage, Risk Allocation, and Bankruptcy. *World Bank Policy Research Working Papers*, 2004, no. 3274.
URL: <https://doi.org/10.1596/1813-9450-3274>

11. Hammami M., Ruhashyankiko J.F., Yehoue E.B. Determinants of Public-Private Partnerships in Infrastructure. *IMF Working Papers*, 2006, iss. 099, 39 p.
URL: <https://doi.org/10.5089/9781451863598.001>
12. Banerjee S.G., Oetzel J.M., Ranganathan R. Private provision of infrastructure in emerging markets: Do institutions matter? *Development Policy Review*, 2006, vol. 24, iss. 2, pp. 175–202.
URL: <https://doi.org/10.1111/j.1467-7679.2006.00321.x>
13. Mengistu F.T., Berhane T. Towards a Better Understanding of the Role of Foreign Direct Investment in Developing Countries with Special Focus on 2012 Ethiopian Investment Law. *Journal of International Business and Leadership*, 2013, vol. 2, iss. 1, pp. 61–91.
URL: <https://library.au.int/towards-better-understanding-role-foreign-direct-investment-developing-countries-special-focus-201-3>
14. Cedrick B.Z.E., Long P.W. Investment Motivation in Renewable Energy: A PPP Approach. *Energy Procedia*, 2017, vol. 115, pp. 229–238.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.05.021>
15. Del Rio P., Burguillo M. An empirical analysis of the impact of renewable energy deployment on local sustainability. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2009, vol. 13, iss. 6-7, pp. 1314–1325.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2008.08.001>
16. Shoaib A., Ariaratnam S. A Study of Socioeconomic Impacts of Renewable Energy Projects in Afghanistan. *Procedia Engineering*, 2016, vol. 145, pp. 995–1003.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.129>
17. Borenstein S. The Private and Public Economics of Renewable Electricity Generation. *Journal of Economic Perspectives*, 2012, vol. 26, iss. 1, pp. 67–92.
URL: <https://faculty.haas.berkeley.edu/borenste/download/JEP12Renewables.pdf>
18. Cherp A. et al. Chapter 5 – Energy and Security. In: *Global Energy Assessment – Toward a Sustainable Future*. Cambridge, Cambridge University Press, 2012, pp. 325–384. URL: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511793677.011>
19. Nichols A.L. Demand-side management Overcoming market barriers or obscuring real costs? *Energy Policy*, 1994, vol. 22, iss. 10, pp. 840–847.
URL: [https://doi.org/10.1016/0301-4215\(94\)90143-0](https://doi.org/10.1016/0301-4215(94)90143-0)
20. Ratner S., Berezin A., Gomonov K. et al. What is stopping energy efficiency in Russia? Exploring the confluence of knowledge, negligence, and other social barriers in the Krasnodar Region. *Energy Research and Social Science*, 2022, vol. 85, no. 102412.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.102412>

21. Yurdakul H., Kamaşak R., Yazar Öztürk T. Macroeconomic drivers of Public Private Partnership (PPP) projects in low income and developing countries: A panel data analysis. *Borsa Istanbul Review*, 2022, vol. 22, iss. 1, pp. 37–46.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.bir.2021.01.002>

Информация о конфликте интересов

Мы, авторы данной статьи, со всей ответственностью заявляем о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.

PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIPS IN THE FIELD OF ENERGY EFFICIENCY IN DEVELOPING COUNTRIES

Svetlana V. RATNER ^{a,*},

Andrei E. BEREZIN ^b

^a V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences,
Moscow, Russian Federation
lanaratner@ipu.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3485-5595>

^b Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University),
Moscow, Russian Federation
aberezin@alumni.harvard.edu
<https://orcid.org/0000-0001-9250-5177>

* Corresponding author

Article history:

Article No. 34/2023
Received 2 Feb 2023
Received in revised form
8 February 2023
Accepted 16 Feb 2023
Available online
28 February 2023

JEL classification: O33,
Q42

Keywords: public-private
partnership,
macroeconomic factor,
energy efficiency growth,
technology portfolio

Abstract

Subject. The article addresses public-private partnership (PPP) projects in the area of electric power and natural gas. Their specificities, like availability of many positive externalities, higher capital intensity, hidden risks, involvement of many diverse participants in implementation, enable to distinguish PPP projects in the green energy and energy-efficient technologies sector into a separate category, and to state the insufficient knowledge of the impact of macroeconomic factors on this category.

Objectives. The aim is to study the most important macroeconomic factors (income level) on the intensity, technological structure, and effectiveness of PPP projects in the electricity and natural gas sector of developing countries.

Methods. We employ methods of descriptive statistics, nonparametric statistics, and cluster analysis.

Results. The findings show that the country's income level is an important macroeconomic factor influencing the number and volume of investments in PPP projects in the energy sector in developing countries, as well as the technological structure of the project portfolio. The influence of this factor on the number and volume of investments in PPP projects in the energy sector is nonlinear, and on the technological structure is linear.

Conclusions. The highest intensity of investments in PPP projects in the energy sector is observed in lower-middle income countries. The impact of the country's income level on the technological structure of the PPP project portfolio is manifested in two aspects: an increase in the share of projects in the electric grid sector as the country's income level grows, and an increase in the share of wind projects as the country's income level grows.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2023

Please cite this article as: Ratner S.V., Berezin A.E. Public-Private Partnerships in the Field of Energy Efficiency in Developing Countries. *Economic Analysis: Theory and Practice*, 2023, vol. 22, iss. 2, pp. 264–290.
<https://doi.org/10.24891/ea.22.2.264>

References

1. Altug S., Firat M.C. Borrowing constraints and saving in Turkey. *Central Bank Review*, 2018, vol. 18, iss. 1, pp. 1–11.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.cbrev.2018.01.002>
2. Amos S., Zanhoun D.A.K. Financial constraints, firm productivity and cross-country income differences: Evidence from sub-Saharan Africa. *Borsa Istanbul Review*, 2019, vol. 19, iss. 4, pp. 357–371. URL: <https://dx.doi.org/10.1016/j.bir.2019.07.004>
3. Arezki R., Bolton P., Peters S. et al. From global savings glut to financing infrastructure. *Economic Policy*, 2017, vol. 32, iss. 90, pp. 221–261.
URL: <https://doi.org/10.1093/epolic/eix005>
4. Andrews R., Entwistle T. Public-private partnerships, management capacity and public service efficiency. *Policy & Politics*, 2015, vol. 43, iss. 2, pp. 273–290.
URL: <https://doi.org/10.1332/030557314X13917703359707>
5. Boyer E.J., Scheller D.S. An Examination of State-level Public-Private Partnership Adoption: Analyzing Economic, Political, and Demand-related Determinants of PPPs. *Public Works Management & Policy*, 2018, vol. 23, iss. 1, pp. 5–33.
URL: <https://doi.org/10.1177/1087724X17729097>
6. Maurya D.S., Srivastava A.K. Managing partner opportunism in public-private partnerships: The dynamics of governance adaptation. *Public Management Review*, 2019, vol. 21, iss. 10, pp. 1420–1442.
URL: <https://doi.org/10.1080/14719037.2018.1559341>
7. Sharma C. Determinants of PPP in infrastructure in developing economies. *Transforming Government: People, Process and Policy*, 2012, vol. 6, iss. 2, pp. 149–166. URL: <https://doi.org/10.1108/17506161211246908>
8. Yurdakul H., Kamasak R. Investment through public private partnership (PPP): The impact of PPP activities on the growth of GDP. *PressAcademia Procedia*, 2020, vol. 11, pp. 150–152. URL: <https://doi.org/10.17261/Pressacademia.2020.1257>
9. Delmon J. *Public-Private Partnership Projects in Infrastructure: An Essential Guide for Policy Makers*. New York, Cambridge University Press, 2011.
10. Ehrhardt D., Irwin T.C. Avoiding Customer and Taxpayer Bailouts in Private Infrastructure Projects: Policy Toward Leverage, Risk Allocation, and Bankruptcy. *World Bank Policy Research Working Papers*, 2004, no. 3274.
URL: <https://doi.org/10.1596/1813-9450-3274>

11. Hammami M., Ruhashyankiko J.F., Yehoue E.B. Determinants of Public-Private Partnerships in Infrastructure. *IMF Working Papers*, 2006, iss. 099, 39 p.
URL: <https://doi.org/10.5089/9781451863598.001>
12. Banerjee S.G., Oetzel J.M., Ranganathan R. Private provision of infrastructure in emerging markets: Do institutions matter? *Development Policy Review*, 2006, vol. 24, iss. 2, pp. 175–202. URL: <https://doi.org/10.1111/j.1467-7679.2006.00321.x>
13. Mengistu F.T., Berhane T. Towards a Better Understanding of the Role of Foreign Direct Investment in Developing Countries with Special Focus on 2012 Ethiopian Investment Law. *Journal of International Business and Leadership*, 2013, vol. 2, iss. 1, pp. 61–91. URL: <https://library.au.int/towards-better-understanding-role-foreign-direct-investment-developing-countries-special-focus-201-3>
14. Cedrick B.Z.E., Long P.W. Investment Motivation in Renewable Energy: A PPP Approach. *Energy Procedia*, 2017, vol. 115, pp. 229–238.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.05.021>
15. Del Rio P., Burguillo M. An empirical analysis of the impact of renewable energy deployment on local sustainability. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2009, vol. 13, iss. 6-7, pp. 1314–1325.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2008.08.001>
16. Shoaib A., Ariaratnam S. A Study of Socioeconomic Impacts of Renewable Energy Projects in Afghanistan. *Procedia Engineering*, 2016, vol. 145, pp. 995–1003.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.129>
17. Borenstein S. The Private and Public Economics of Renewable Electricity Generation. *Journal of Economic Perspectives*, 2012, vol. 26, iss. 1, pp. 67–92.
URL: <https://faculty.haas.berkeley.edu/borenste/download/JEP12Renewables.pdf>
18. Cherp A. et al. Chapter 5 – Energy and Security. In: *Global Energy Assessment – Toward a Sustainable Future*. Cambridge, Cambridge University Press, 2012, pp. 325–384. URL: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511793677.011>
19. Nichols A.L. Demand-side Management: Overcoming market barriers or obscuring real costs? *Energy Policy*, 1994, vol. 22, iss. 10, pp. 840–847.
URL: [https://doi.org/10.1016/0301-4215\(94\)90143-0](https://doi.org/10.1016/0301-4215(94)90143-0)
20. Ratner S., Berezin A., Gomonov K. et al. What is stopping energy efficiency in Russia? Exploring the confluence of knowledge, negligence, and other social barriers in the Krasnodar Region. *Energy Research and Social Science*, 2022, vol. 85, no. 102412. URL: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.102412>
21. Yurdakul H., Kamaşak R., Yazar Öztürk T. Macroeconomic drivers of Public Private Partnership (PPP) projects in low income and developing countries: A panel data

analysis. *Borsa Istanbul Review*, 2022, vol. 22, iss. 1, pp. 37–46.

URL: <https://doi.org/10.1016/j.bir.2021.01.002>

Conflict-of-interest notification

We, the authors of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.