

Экономический рост, инновации и устойчивое развитие: взаимосвязь и противоречия в экономиках развивающихся стран

Елкин Станислав Евгеньевич 

Кандидат экономических наук, доцент,

Северо-Западный институт управления Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

E-mail: elkin-se@ranepa.ru

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

экономический рост, инновации, финансовое развитие, энергетическая эффективность, экологическая эффективность, экономический рост

АННОТАЦИЯ

В исследовании представлены результаты изучения актуальных теоретических проблем современной мировой экономики. Основное внимание сосредоточено на выявлении источников и причин возникновения различных связей между экономическим ростом, инновациями, энергетической и экологической эффективностью в экономиках развивающихся стран начала нашего века. Рассматриваются фундаментальные взаимосвязи детерминированного и стохастического характера и оценка их влияния на потенциал экономического роста. Теоретические рассуждения строятся на анализе соответствующей теме литературы и результатах предыдущих исследований, свидетельствующих, однако, о необходимости проведения более детального исследования, чтобы получить представление о генезисе возможной взаимосвязи между этими переменными. В первую очередь рассматривалась связь между: 1) финансовым развитием и экономическим ростом; 2) потреблением энергии (или выбросы CO₂) и экономическим ростом; 3) инновациями (исследования и разработки) и экономическим ростом. Чтобы обеспечить статистическую точность исследования эмпирическое исследование проводится с использованием метода Ареллано-Бонда. На основе анализа данных установлено, что существуют эмпирические взаимосвязи между задействованными переменными, связанные с влиянием на выбор и обоснование современной экологической, экономической и инновационной политики в развивающихся странах в современный период. Только сочетание энергетической, экологической и экономической политики может обеспечить устойчивость экономического роста в развивающихся странах. Основная цель исследования - проверить обоснованность этого предположения. Необходимы детальные исследования в этой области, чтобы дать представление о возможной взаимосвязи и взаимодействии между финансовым развитием, потреблением энергии (выбросами CO₂), инновациями и экономическим ростом. Результаты и выводы исследования помогут лучше понять эмпирические взаимосвязи между задействованными переменными, что окажет важное влияние на планирование экологической, экономической и инновационной политики.

JEL codes: O1, E19, R11

DOI: <https://doi.org/10.52957/2221-3260-2026-3-135-150>

Для цитирования: Елкин, С.Е. Экономический рост, инновации и устойчивое развитие: взаимосвязь и противоречия в экономиках развивающихся стран / С.Е. Елкин. – Текст : электронный // Теоретическая экономика. – 2026. – № 3. – С.135-150. - URL: <http://www.theoreticaleconomy.ru> (Дата публикации: 31.03.2026)

Введение

За последние два десятилетия вопросы устойчивого развития и деградации окружающей среды приобрели важность как в политических, так и в академических кругах. Было организовано несколько конференций с целью достижения определенных договоренностей по этому вопросу. В

основном, начиная с конференции Организации Объединённых Наций по окружающей среде и развитию (ЮНСЕД), также известной как «саммит Земли» (Рио-де-Жанейро, 3-14 июня 1992 г.) негативные последствия глобального потепления были учтены более точно. На саммите Земли было принято соглашение по Конвенции об изменении климата, которое превратилось в Киотский протокол (Киото, декабрь, 11, 1997). Ст. 2 протокола определяет «конечную» цель изменения климата Конвенции об изменении климата как «стабилизации концентраций парниковых газов в атмосфере на уровне, который предотвращал бы опасное антропогенное вмешательство в климатическую систему». (РКИК ООН, 1992). Это четко отражает стремление стран, подписавших и ратифицировавших протокол, сократить выбросы парниковых газов (ПГ). В Организации Объединённых Наций на конференции по изменению климата (Копенгаген, 7-18 декабря 2009 г.) 115 мировых лидеров включая глав государств, глав правительств и министров работали над Конвенцией об изменении климата и реализованной энергетической и экологической политике. Необходимо упомянуть некоторые разделы Копенгагенского соглашения, которое поможет структурированно объяснить основную проблему, обсуждаемую в настоящей статье. Соглашение определяет изменение климата как одну из самых серьезных проблем современности, лидеры стран-участниц подчеркивают свою «твердую политическую волю к безотлагательной борьбе с изменением климата в соответствии с принципом общей, но дифференцированной ответственности и соответствующих возможностей» [25]. Из этого утверждения мы можем вывести два аргумента: во-первых, каждая страна несет разную ответственность за текущее состояние изменения климата и, во-вторых, каждая страна обладает разными возможностями для борьбы с ним. Как это сделать, хотя и не очень точно, объясняется в следующих статьях соглашения. Ст. 2 посвящена вопросу сотрудничества, в котором говорится, что страны «...должны сотрудничать в достижении максимального уровня глобальных и национальных выбросов как можно скорее, признавая, что в развивающихся странах сроки достижения максимального уровня будут более длительными, и принимая во внимание, что социально-экономическое развитие и искоренение нищеты являются первыми и главенствующими приоритетами развивающихся стран и что стратегия развития с низким уровнем выбросов необходима для устойчивое развитие» [25]. Очевидно, что в соглашении признается тот факт, что у развивающихся стран есть другие приоритеты, помимо выбросов парниковых газов, такие как экономическое развитие и борьба с бедностью. Однако также упоминается, что стратегии развития в этих странах должны разрабатываться в соответствии с глобальной стабилизацией выбросов парниковых газов. На самом деле это является неременным условием устойчивого развития. С этой целью, в соответствии со ст. 7 соглашения, «...развивающиеся страны, особенно страны с низким уровнем выбросов парниковых газов должны быть созданы стимулы для продолжения развития с низким уровнем выбросов» [20]. Неясно, какие стимулы предусмотрены, хотя в ст. 3 указано, что стороны «...соглашаются с тем, что развитые страны должны предоставлять адекватные, предсказуемые и устойчивые финансовые ресурсы, технологии и наращивание потенциала для поддержки осуществления мер по адаптации в развивающихся странах» [25]. Это заключительное заявление свидетельствует о влиянии других факторов, не связанных с окружающей средой, на схему выбросов парниковых газов. COVID-19 замедлил, но не остановил рост транспортных выбросов. Хотя их объем сократится во многих регионах, в странах с низким и средним доходом он вырастет настолько, что общий эффект приведет к росту эмиссии парниковых газов (рисунок 1).

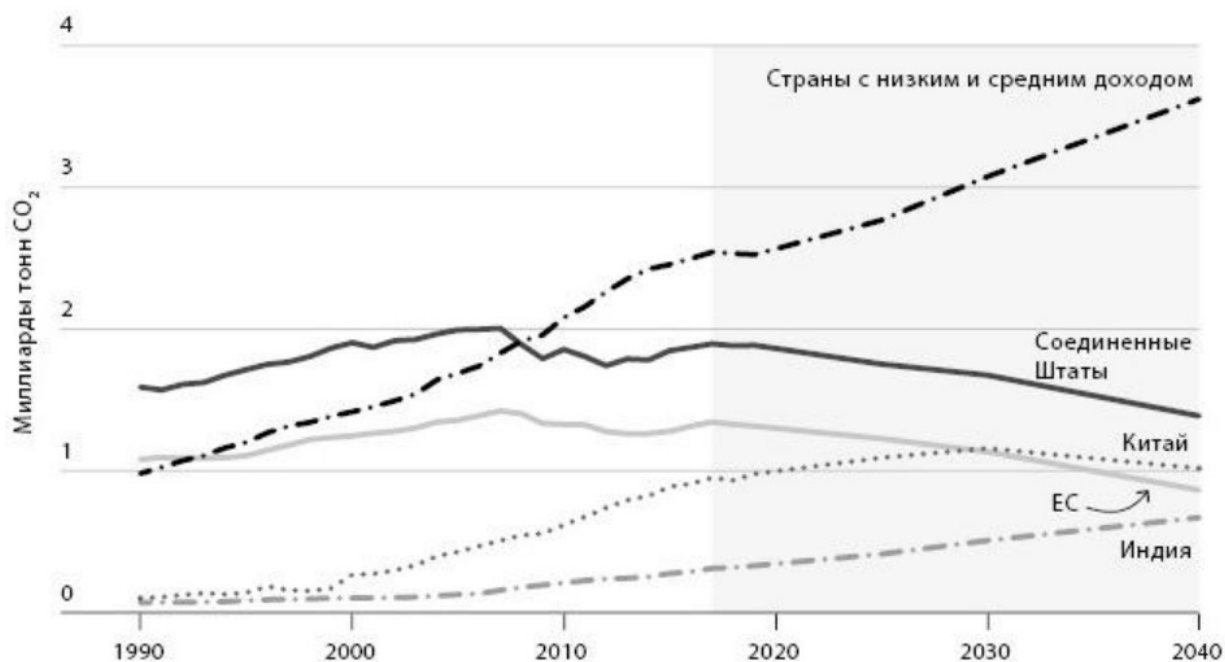


Рисунок 1 – Распределение выбросов CO₂ между странами с различным уровнем доходов

Источник: Всемирный энергетический обзор IEA 2020; Rhodium Group

График, демонстрирующий взаимосвязь между доходом на душу населения по странам и объемом электроэнергии, который эти люди потребляют, представлен на рисунке 2.

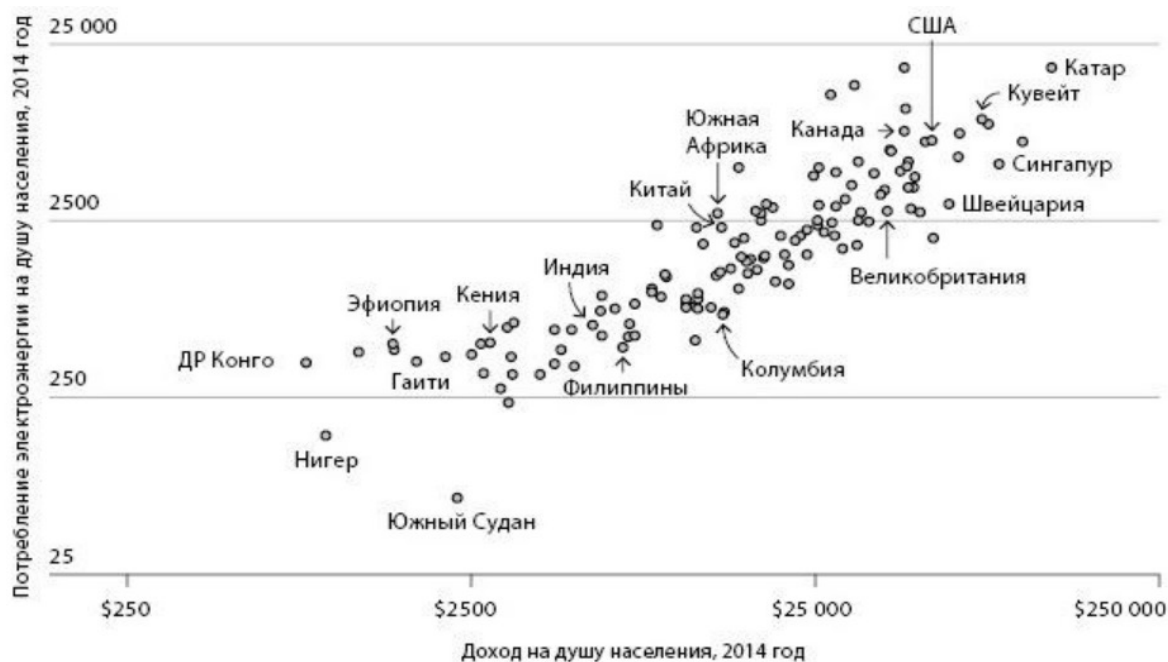


Рисунок 2 - Доходы на душу населения по странам и объем потребления электроэнергии

Источник: Международное энергетическое агентство, IEA; Всемирный банк

На рисунке 3 показывается, насколько может повыситься температура в будущем, если выбросы парниковых газов увеличатся сильно (верхняя линия) или чуть меньше (средняя линия) и, если происходит удаление из атмосферы больше CO₂, чем производим (нижняя линия).

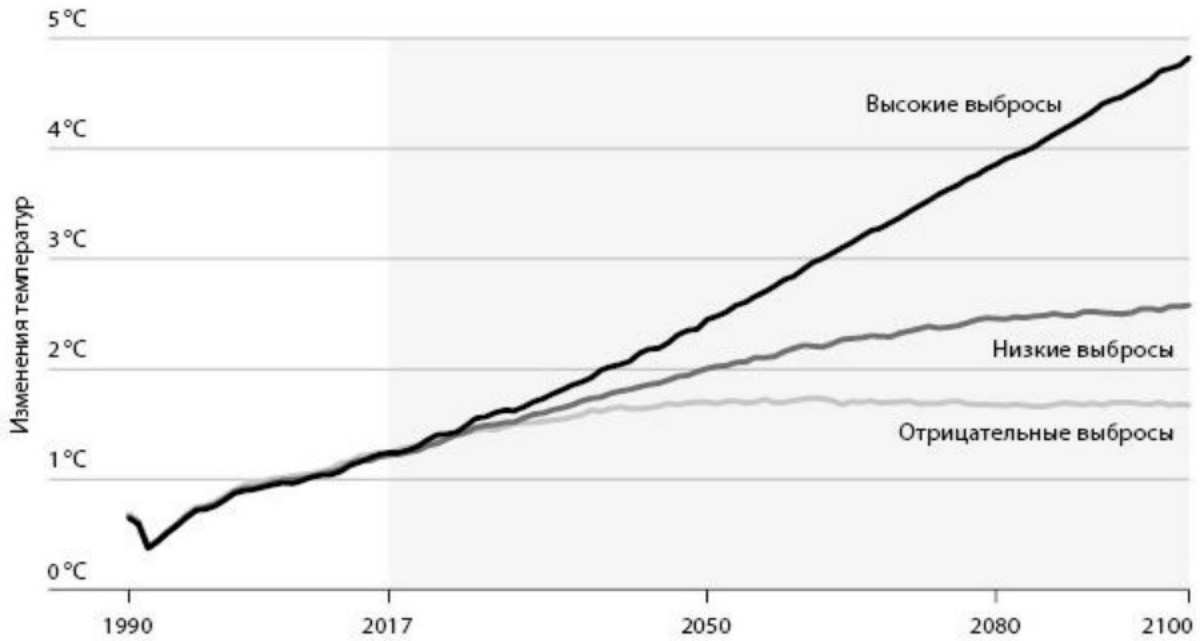


Рисунок 3 – Изменение температуры воздуха и объем выброса парниковых газов

Источник: KNMI Climate Explorer

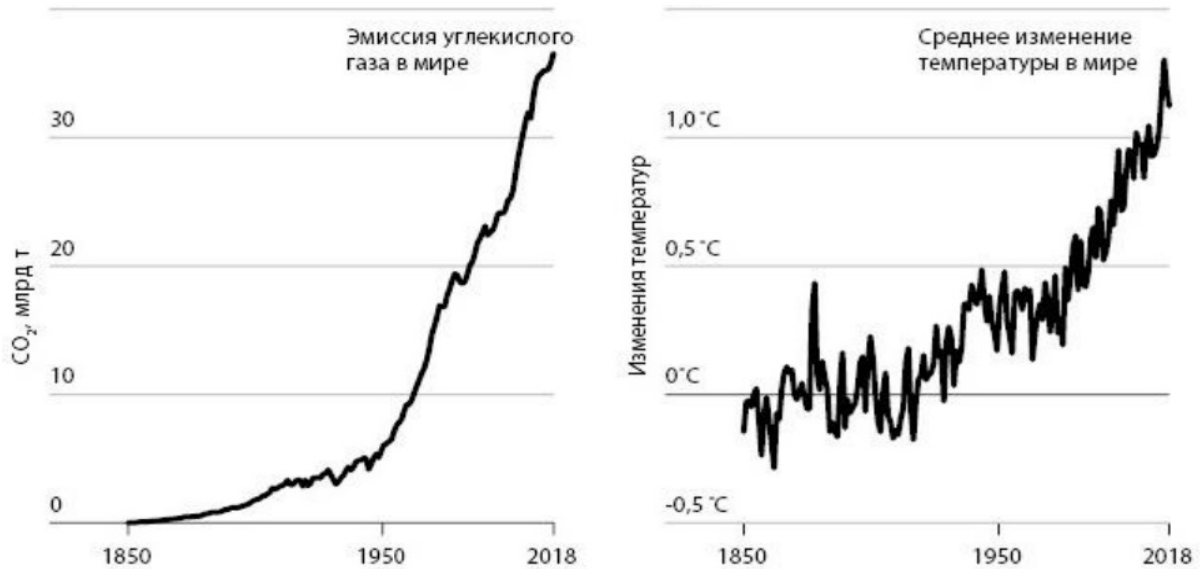


Рисунок 4 - Эмиссия CO₂ в метрических тоннах и среднее изменение температуры в градусах Цельсия за 1850 – 2018 гг.

Источник: *Global Carbon Budget 2019*; *Berkeley Earth* berkeleyearth.org; *Le Quéré, Andrew et al.* <https://essd.copernicus.org/articles/11/1783/2019/> (лицензия CC BY 4.0 www.creativecommons.org/licenses/by/4.0)

Выбросы CO₂ растут, как и температура в мире. Слева мы видим, насколько выросла эмиссия углекислого газа из-за производственных процессов и сжигания ископаемого топлива с 1850 года. Справа - как поднимается средняя температура в мире из-за увеличения выбросов.

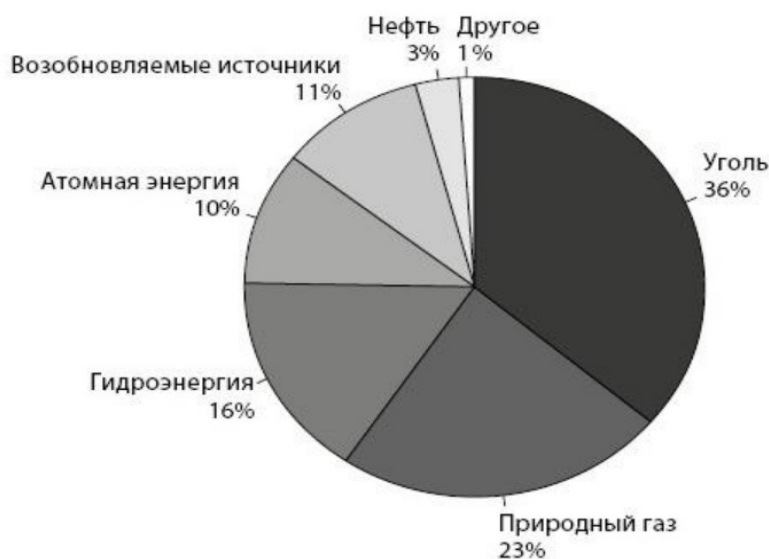


Рисунок 5 – Структура мирового объема производства электроэнергии в 2020 году

Источник: Статистический обзор мировой энергетики 2020 года <http://www.bp.com/>

Подразумевается, что существуют определенные связи между уровнем финансового развития, технологией и выбросами загрязняющих веществ. Основная цель - проверить обоснованность этого предположения. Необходимы детальные исследования в этой области, чтобы дать представление о возможной взаимосвязи и взаимодействии между финансовым развитием, потреблением энергии (выбросами CO₂), инновациями и экономическим ростом. Результаты таких исследований помогут лучше понять эмпирические взаимосвязи между задействованными переменными, что окажет важное влияние на планирование экологической, экономической и инновационной политики.

Обзор литературы

Литература по экономике окружающей среды и энергетике, как и во многих других областях, состоит как из теоретических, так и из эмпирических исследований. До сих пор в области теоретической экономики все большее число работ рассматривало проблему устойчивости таким образом, что в них анализировались условия, при которых экономика могла бы иметь положительный долгосрочный рост при наличии невозобновляемых (в большинстве случаев также исчерпываемых) природных ресурсов. Более того, проблема в основном ставится в стандартных утилитарных рамках и решается в течение длительного времени на основе политики оптимального истощения. Самая общая формулировка проблемы, которую должен решить специалист, принимающий решения, заключается в следующем:

$$\int_0^{\infty} e^{pt} u(C_t) dt \tag{1}$$

$$\dot{K}_t = F(K_t, R_t) - C_t \tag{2}$$

$$\dot{S}_t = -R_t \tag{3}$$

$$C_t, K_t, R_t, S_t \geq 0; \quad K_0, S_0 \text{ заданы} \tag{4}$$

где u - будущая полезность, которую не учитывает лицо, принимающее решение по ставке p , и, которая является возрастающей функцией потребления C ;

C - возрастающая функция потребления;

K - капитал;

R - природные ресурсы;

K_t - накопление основного капитала;

S_t – запасы ресурса.

Во время как накопление основного капитала K_t определяется разницей между производством и потреблением, запасы ресурса S_t истощаются по мере его добычи и использования в производстве. Решение этой динамической системы дает условия для оптимального потребления ($C'/C > 0$).

Вышеупомянутая система уравнений была дополнительно разработана для того, чтобы ввести другие экономические, экологические и экономико-ориентированные переменные и, таким образом, рассмотреть более реалистичные рамки. Например, после новаторских исследований Солоу [21], Стиглица [24] и Дасгупта и Хила [8], во многих теоретических работах исследовалось влияние технологических изменений (или, более конкретно, технического прогресса в области энергосбережения) как на использование природных ресурсов в производстве, так и, например, на качество воздуха или загрязнение окружающей среды потребителями полезность (сторона потребления). Другие направления в этой области также изучали такие вопросы, как экологическое налогообложение, человеческий капитал и знания. Поскольку невозможно подробно рассмотреть все исследования в этой области, мы отсылаем читателя к более полным обзорам, опубликованным в работах Лошеля [17] и Риччи [18].

Хотя результаты в значительной степени зависят от технических характеристик модели, такого рода теоретические работы позволили получить полезное представление о проблеме устойчивого развития. Параллельно с развитием теоретической литературы в последние годы набирают обороты эмпирические исследования в области экономики окружающей среды, и сегодня в этой области опубликовано большое количество работ, даже более обширных, чем теоретические. Эмпирические исследования, использующие временные ряды или панельные данные, а также межстрановые регрессии, составляют основную часть этой литературы. Среди основных изучаемых тем: 1) взаимосвязь экономики и окружающей среды, более конкретно, влияние экономического развития на ухудшение состояния окружающей среды и 2) исследование причинно-следственных связей между переменными, связанными с экономикой, и переменными, связанными с энергетикой, являются доминирующими в этой области.

Первая группа литературных источников посвящена оценке для различных стран взаимосвязи между экономическим развитием и загрязнением окружающей среды (или выбросами загрязняющих веществ) с использованием эконометрических методов. После новаторского исследования Гроссмана и Крюгера [12] представление экономического развития и выбросов загрязняющих веществ (например, углекислого газа, CO₂) или потребления энергии в виде перевернутой U-образной кривой стало популярным среди экономистов-экологов. Отличный обзор литературы по этому вопросу приведен в работе Стерна [23].

Гипотеза, лежащая в основе такой взаимосвязи, которая называется экологической кривой Кузнецца, заключается в том, что на ранних стадиях экономического развития как экономический рост, так и выбросы загрязняющих веществ могут увеличиваться, и может наступить «поворотный момент» - доход, превышение которого экономическим ростом может привести к сокращению выбросов.

Саймон Кузнец, получивший Нобелевскую премию по экономике в 1971 году, впервые представил взаимосвязь между экономическим развитием и степенью неравенства в виде перевернутой U-образной кривой. Затем эта же идея была использована для определения взаимосвязи между развитием и окружающей средой, которая получила название «гипотеза ЕКС».

Более конкретно, мы можем формализовать эту интуицию следующим образом:

$$\Delta \ln lne_t = \alpha + \delta_1 \Delta \ln lny_t + \delta_2 (\Delta \ln lny_t)^2 + \epsilon_t \quad (5)$$

где \ln - натуральные логарифмы;

e_t - показатель ухудшения состояния окружающей среды (например, выбросы CO₂ на душу населения);

y - доход на душу населения (например, ВВП на душу населения);

ε_t - стохастическая погрешность;

α - константа;

δ_1, δ_2 – параметры кривой.

Форма возможной кривой определяется параметрами δ_1 и δ_2 . Простая идея заключается в том, что взаимосвязь между выбросами CO_2 на душу населения и ВВП на душу населения может иметь перевернутую U-образную форму, если $\delta_1 > 0$ и $\delta_2 < 0$. С другой стороны, доход «поворотной точки», где выбросы CO_2 достигают своего максимального уровня, который можно просто рассчитать по формуле $\ln y_t = -\delta_1/2 \delta_2$, следовательно, $y_t = \exp(-\delta_1/2 \delta_2)$.

Оценка приведенного выше уравнения с использованием данных временных рядов (в случае анализа по конкретной стране) или панельных данных показывает, подтверждается ли гипотеза ЕКС или нет.

В первой группе следует также рассмотреть исследования конвергенции, в которых обсуждается проблема конвергенции выбросов CO_2 между странами. В этих исследованиях используется абсолютная сходимости (учитываются только выбросы) или условная сходимости (другие объясняющие переменные, также учитываются такие показатели, как ВВП, численность населения, добавленная стоимость в промышленности) гипотеза была проверена с использованием эконометрических инструментов. Вклад таких исследований заключается в том, что временные траектории выбросов в разных странах анализируются совместно и что эффективность экологической политики, направленной на обеспечение устойчивого экономического роста, может быть более точно оценена при многонациональном подходе.

Вторая группа источников литературы посвящена изучению причинно-следственной связи между интересующими переменными. В соответствующей литературе для проверки гипотезы о причинно-следственной связи между двумя переменными использовался стандартный тест на причинно-следственную связь Грейнджера [10,11]. Идея этой причинно-следственной связи в утверждении, что «...если y_t является причиной x_t , то x_{t+1} является лучшим прогнозом, если используется информация из y_{t-j} , чем если она не используется» [11]. Более технически точно можно переписать это утверждение следующим образом. Рассмотрим две переменные (временные ряды) X_1 и X_2 . Переменная X_2 не вызывает переменную X_1 по Грейнджеру, если

$$E(X_{1t} / I_{t-1}(X_1), I_{t-1}(X_2)) = E(X_{1t} / I_{t-1}(X_1)) \quad (6)$$

где $I_{t-1}(X_i)$ — это пространство, образованное линейными комбинациями прошлых значений X_i .

Как и при проверке гипотезы ЕКС, гипотеза причинно-следственной связи может быть проверена для страны (с использованием данных временных рядов) или для группы стран (с использованием панельных данных). Результаты такого рода исследований причинно-следственных связей затрагивают проблему устойчивости в том смысле, что если существует причинно-следственная связь между экономическим ростом и потреблением энергии (или выбросами CO_2), то необходимо проводить экологическую политику для предотвращения ухудшения состояния окружающей среды вызвано загрязнением окружающей среды и истощением природных ресурсов. Однако, если причинно-следственная связь работает в обратном направлении, то экологическая политика может препятствовать экономическому росту.

Как отмечает Каранфил [13-16], необходимо больше размышлений в этой области исследований и использования новых методов и новых переменных, чтобы улучшить наше понимание взаимосвязи экономики и окружающей среды. С этой точки зрения, например, Садорский [19] провел исследование по 22 развивающимся странам, охватывающее период 1990-2006 годов, и показал, что существует определенная взаимосвязь между финансовым развитием и потреблением энергии.

Таким образом, проблема устойчивого развития рассматривается путем анализа долгосрочных взаимосвязей между выбросами, потреблением энергии, экономическими и финансовыми

переменными, технологическими и коммуникационными показателями. Переходя от двухмерной к многомерной модели, она расширяет взаимосвязь между окружающей средой и экономикой и направлена на предоставление полезной информации в этом контексте.

Методы

Для выполнения работы используется относительно новый подход - оценка Ареллано-Бонда. Выбрано девять стран с формирующейся рыночной экономикой, чтобы сравнить динамику устойчивого развития в разных странах, которая набрала обороты со второй половины 1980-х годов.

Такие страны, как Аргентина, Бразилия, Чили, Республика Корея, Малайзия, Мексика, Польша, Южная Африка и Турция прошли аналогичный курс либерализации международной торговли, который привел к более широкому использованию технологий в рамках стратегии развития, направленной на стимулирование экспорта. Возможно, что на протяжении двух десятилетий распространение технологических адаптаций оказывает такое же внешнее воздействие на потребление энергии и загрязнение окружающей среды, как и в странах раннего развития, хотя эти страны отличаются своими экономическими и политическими институтами.

В статье предпринята попытка аргументированно объединить некоторые институциональные показатели с показателями развития, отражающими производство и использование информационно-коммуникационных технологий, и предположительно, позволяющие получить более полную модель [9,23-25]. Основные критерии оценки приведены в таблице 1.

Набор данных собран на основе двух различных наборов показателей, предоставленных Всемирным банком. Большая часть данных взята из Индекса мирового развития (World Development Indicators, WDI), который содержит полный набор экономических, социальных и экологических показателей, основанных на данных Всемирного банка и более чем 30 партнерских агентств.

Другим источником данных, который используется в нашем исследовании, является обновленный в 2009 году исследовательский проект Worldwide Governance Indicators (WGI), в котором измеряются шесть аспектов управления в период с 1996 по 2008 год [2,26]. Эти сводные данные показатели основаны на сотнях конкретных и дезагрегированных индивидуальных переменных, измеряющих различные аспекты управления, и взяты из 35 источников данных, предоставленных 33 различными организациями. Эти показатели рассчитаны с использованием методологии ненаблюдаемых компонентов. Шесть показателей управления измеряются в единицах измерения от -2,5 до 2,5, причем более высокие значения соответствуют лучшим результатам управления.

В исследовании использованы только два из них, которые более подходят для модели, а именно политическую стабильность, а также отсутствие насилия/терроризма и качество регулирования. В таблице 1 приведены определения каждой переменной, использованной в расчетах. Период наших наблюдений охватывает период с 1985 по 2006 год, что дает достаточно информации о траектории развития упомянутых стран.

Для проведения эконометрического исследования используется общий метод оценки динамической панели Ареллано-Бонда (GMM) [6].

Таблица 1 – Критерии оценки институциональных показателей

Критерий оценки	Содержание критерия
ВВП (lgdp)	ВВП на душу населения (в постоянных ценах, долларов США)
Сельское население (rural)	Сельское население (% от общей численности населения)
Выбросы CO ₂	Выбросы CO ₂ на душу населения (кг нефтяного эквивалента на душу населения)
Альтернативные источники энергии (alter)	Альтернативная и ядерная энергетика (% от общего потребления энергии)

Критерий оценки	Содержание критерия
Общее потребление энергии (len)	Потребление энергии на душу населения (кг нефтяного эквивалента на душу населения)
Электроэнергия (lel)	Потребление электроэнергии на душу населения (кВт*ч на душу населения)
Кредиты (credit)	Внутренний кредит, предоставляемый банковским сектором (% от ВВП)
ИКТ (ict)	Товары и оборудование, связанные с ИКТ (в % от общего объема торговли товарами)
Расходы на ИКТ (ict spend)	Расходы на ИКТ (в % от ВВП)
Экспорт товаров (merch ex)	Экспорт товаров обрабатывающей промышленности (в % от экспорта товаров)
Торговля (trade)	Торговля товарами (в% от ВВП)
Интернет (internet)	Пользователи Интернета (на 100 человек)
Мобильная связь (cell phone)	Количество абонентов сотовой связи (на 100 человек)
Стационарная связь (tphone)	Количество телефонных линий (на 100 человек)
Индекс качества (regulation)	Регуляторный индекс качества
Политика (political)	Индекс политической стабильности

Источник: составлено автором

Идея, лежащая в основе модели оценки Ареллано-Бонда, заключается в оценке модели с фиксированными эффектами для короткой панели с запаздыванием значения зависимых переменных, которые также являются регрессорами. Фиксированный эффект устраняется с помощью первого разграничения.

Чтобы получить согласованные оценки для этой модели с первым разграничением, нам необходимо использовать в качестве инструментов соответствующие лаги регрессоров. Эта оценка называется оценкой Ареллано-Бонда.

Типичным уравнением для оценки является следующее:

$$y_{i,t} = \beta_{y_{i,t-1}} + \beta_{y_{i,t-p}} + X'_{it}\alpha + a_i + e_{i,t}, \quad t = p + 1, \dots, T \quad (7)$$

где y - выбросы CO2 на душу населения;

X - ковариационный вектор, включающий различные переменные в зависимости от спецификации модели.

Кроме того, предполагается, что X не коррелирует с термином ошибки e_{it} . Исходя из уравнения, наша цель состоит в том, чтобы последовательно оценить параметры β и α и определить, когда a_i является фиксированным эффектом.

Существует несколько причин, которые вызывают корреляцию y с течением времени: зависимость истинного состояния (через y в предыдущие периоды); наблюдаемая неоднородность (через X); и, наконец, ненаблюдаемая неоднородность (через ненаблюдаемый индивидуальный эффект, не зависящий от времени a_i).

Известно, что оценка с фиксированным эффектом является непоследовательной, если в качестве ковариат используются запаздывающие переменные. Причина в том, что уменьшенные по времени регрессоры $y_{i,t-1} - y_i$ коррелируют с уменьшенным по времени членом ошибки $e_{i,t} - e_i$ [7].

Учитывая это, нельзя использовать оценку инструментальной переменной (IV), основанную на запаздывающих переменных, поскольку любое запаздывание зависимых переменных также будет коррелировать со средним значением ошибки. Однако, оценки (IV) для оценок с первой разницей (FD), использующие соответствующие интервалы зависимых переменных в качестве инструментов

дают согласованные оценки несмотря на то, что оценки OLS, полученные с первой разницей, противоречивы.

Модель FD может быть записана следующим образом.

$$\Delta y_{i,t} = \beta_1 \Delta y_{i,t-1} + \beta_p \Delta y_{i,t-p} + \Delta X'_{it} \alpha + \Delta e_{i,t}, \quad t = p + 1, \dots, T \quad (8)$$

Причина, по которой регрессор $\Delta y_{i,t-1} = y_{i,t-1} - y_{i,t-2}$ коррелирует с $+\Delta e_{i,t-1} = e_{i,t-1} - e_{i,t-2}$ заключается в том, что $\Delta y_{i,t-1}$ коррелирует с $e_{i,t-1}$. Но $\Delta e_{i,t}$ должна коррелировать с $\Delta y_{i,t-k}$ если $k \geq 2$.

Одним из важнейших допущений метода оценки Ареллано-Бонда является то, что $e_{i,t}$ последовательно не коррелируют. Современные статистические пакеты реализуют оценку Ареллано-Бонда и предлагаемые ими тесты для проверки этого важного допущения (т.е. значения ошибок последовательно не коррелируют).

Результаты и обсуждение

Рассмотрены три различные спецификации моделей, чтобы получить точное представление о взаимосвязях между переменными, участвующими в анализе. Модели определены следующим образом.

Модель 1. Единственной эндогенной переменной является ВВП. Мы измеряем эту переменную по второму интервалу.

Модель 2. Мы продолжаем использовать модель 1, но предполагаем, что ИКТ, расходы на ИКТ, кредиты, торговля и торговля экспортными товарами также являются эндогенными. Как и выше, мы используем их второй интервал в качестве инструментов.

Модель 3. Она аналогична модели 2. Единственное отличие заключается в том, что индекс политической стабильности, регуляторный индекс качества и численность сельского населения считаются заранее определенными переменными. Как их текущий уровень, так и их первые интервалы используются в качестве регрессоров, и только два дополнительных интервала используются в качестве инструментов.

Во всех моделях используется 6 интервалов зависимой переменной в качестве регрессора. Основной причиной такого выбора для использования оценки Ареллано-Бонда является требование, чтобы $e_{i,t}$ были последовательно не связаны. При меньшем количестве интервалов это требование не могло быть выполнено. Для решения этой проблемы использовано 6 интервалов, как предложили Кэмерон и Триведи [7].

Результаты эконометрической оценки представлены в таблице 2. Согласно тесту Саргана (результаты теста в тексте статьи не приводятся), все инструменты, использованные в регрессиях, являются действительными. Из таблицы 2 следует, что второй интервал показателя выбросов CO₂ на душу населения имеет отрицательные коэффициенты как в модели 1, так и в модели 2, в то время как шестой показатель запаздывания отрицательный во всех трех моделях.

Эти негативные последствия частично смягчаются третьим показателем запаздывания, который является положительным. Долгосрочный ожидается, что долгосрочный эффект будет отрицательным во всем мире. Более того, этот вывод может соответствовать гипотезе ЕКС. Однако тот факт, что во всех трех спецификациях модели обнаружены положительные признаки для показателя ВВП (lgdp), указывает на то, что для девяти развивающихся стран, проанализированных в исследовании, упомянутый «поворотный момент» в доходах еще не достигнут.

С другой стороны, «политическая стабильность и отсутствие насилия» и его первое отставание положительно влияют на выбросы CO₂ на душу населения, в то время как «качество регулирования» и его первое отставание отрицательно. Очевидно, что институциональные факторы действительно влияют на использование технологий и их распространение. Регулирующие институты могут стимулировать энергоэффективное использование производственных технологий.

Таблица 2 – Результаты статистической обработки моделей

Переменные	Модель 1	Модель 2	Модель 3
L.co2	0.13	0.10	0.96***
L2.co2	-0.24**	-0.27**	-0.03
L3.co2	0.19*	0.17**	0.50***
L4.co2	-0.07	-0.09	-0.12
L5.co2	-0.07	-0.06	-0.35***
L6.co2	-0.34***	-0.32***	-0.41***
political	0.09	0.11*	0.50***
L.political	-	-	1.15
regulation	-1.39***	-1.28***	-3.44***
L.regulation	-	-	-2.87***
rural	0.08	0.05	0.77***
L.rural	-	-	0.45***
lgdp	8.21***	7.18***	15.73***
ict	0.00	0.00	-0.02*
ict spend	-0.09	-0.08	-0.32***
credit	0.00	-0.00	-0.01***
trade	0.01	0.01	-0.04***
merch ex	-0.01	-0.00	-0.10***
alter	-0.12***	-0.11***	-0.33***
len	3.86***	3.83***	2.30***
lel	-2.22	-1.94	-1.18*
tphone	-0.00	-0.01	-0.00
cell phone	-0.02***	-0.02*	-0.04***
internet	-0.03***	-0.03***	0.02***
D.lgdp	-2.87	-2.67	1.60
Constant	-72.72***	-64.97***	-152.82***

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Источник: составлено автором

Факторы, повышающие затраты, связанные со строгими мерами регулирования, могут также привести к возникновению внешних эффектов в масштабах всей экономики.

Ожидается, что увеличение доли сельского населения приведет к увеличению выбросов CO₂ на душу населения. Это может быть объяснено интенсивным использованием угля для отопления домов в сельской местности, поскольку природный газ недоступен. Как известно, природный газ является самым чистым ископаемым топливом, производящее меньше CO₂ на душу населения в расчете на джоуль (производную единицу энергии), чем уголь или нефть. Аналогичный аргумент может объяснить, почему и как доля альтернативной энергетики в общем объеме энергопотребления снижает выбросы CO₂ на душу населения.

Неудивительно, что переменная *len*, представляющая собой логарифм энергопотребления (кг нефтяного эквивалента на душу населения), оказывает положительное влияние на выбросы CO₂ на душу населения во всех моделях. Это означает, что использование энергии не является экологически эффективным. Это объясняется просто тем, что ископаемое топливо представляет собой крупнейший источник энергии в общем объеме энергопотребления в развивающихся странах.

Рассматривая другие переменные, получаем также интересные результаты. Потребление электроэнергии, lep , имеет значительный и отрицательный коэффициент только в модели 3. С другой стороны, ИКТ, расходы на ИКТ, кредиты, торговля — все это, как оказалось, имеет значительно отрицательные коэффициенты только в модели 3. Интуитивно понятно, что более высокое значение любой из этих переменных означает более высокий уровень экономической активности и, следовательно, большее потребление энергии и выбросы CO_2 . Однако переменные, используемые для оценки технологического развития, указывают на то, что использование сотовых телефонов снижает выбросы CO_2 на душу населения, в то время как использование Интернета не имеет четких признаков, хотя и является существенным во всех спецификациях. Из этих результатов можно сделать некоторые выводы для экономической политики.

Экономический рост и выбросы CO_2 . Установлена прямая связь: увеличение ВВП на душу населения приводит к росту выбросов CO_2 на душу населения. Это подтверждает, что для анализируемых развивающихся стран «поворотный момент» по экологической кривой Кузнецца ещё не достигнут.

Влияние институциональных факторов. Политическая стабильность и отсутствие насилия положительно коррелируют с выбросами CO_2 , а высокое качество регулирования — отрицательно. Это говорит о том, что институты способны стимулировать или сдерживать энергоэффективность и внедрение чистых технологий.

Энергопотребление и структура экономики. Рост общего энергопотребления (особенно за счёт ископаемого топлива) увеличивает выбросы CO_2 . Увеличение доли альтернативной и ядерной энергетики снижает выбросы.

Технологические и финансовые переменные. Развитие ИКТ, расходы на ИКТ, кредиты, торговля и экспорт товаров обрабатывающей промышленности в большинстве моделей оказывают отрицательное влияние на выбросы CO_2 , что связано с повышением эффективности и внедрением новых технологий.

Сельское население. Рост доли сельского населения ассоциируется с увеличением выбросов CO_2 , что объясняется использованием менее экологичных источников энергии в сельской местности.

Мобильная связь и интернет. Распространение мобильной связи снижает выбросы CO_2 , а влияние использования интернета неоднозначно, но статистически значимо.

Для обеспечения устойчивого развития в развивающихся странах необходимо комплексное сочетание энергетической, экологической и экономической политики, направленное на повышение энергоэффективности, развитие чистых технологий и совершенствование институтов. Применение метода Ареллано–Бонда позволило получить согласованные оценки динамических взаимосвязей между переменными, что повысило достоверность выводов.

Заключение

Проведенный эконометрический анализ с использованием относительно нетривиального метода применен для исследования энергетики и окружающей среды. В соответствующей литературе в более ранних исследованиях изучались взаимосвязи между потреблением энергии, выбросами CO_2 и экономическими переменными в двумерном контексте. Однако в более поздних исследованиях используются трехмерные и четырехмерные модели, позволяющие получить более полное представление о такого рода взаимосвязях. В статье предложена более расширенная многомерная структура исследования с включением финансовых, технологических и структурных переменных в традиционную взаимосвязь энергетики, окружающей среды и экономики. Для точного выполнения этой работы используется методика оценки, предложенная Ареллано и Бондом. Основной вклад исследования в обсуждаемую проблему сосредоточен в основном в двух аспектах. Во-первых, используется относительно новый подход к изучению проблемы устойчивого развития в развивающихся странах, а во-вторых, учитываются различные технологические, финансовые, экономические и структурные переменные для развивающихся стран. Во-вторых, эконометрический

анализ. Результаты, полученные в результате эконометрического исследования, дают полезную информацию о влиянии этих переменных на выбросы CO₂ на душу населения, которые, как отмечает Соз [5,20,22], является прямым показателем благосостояния человека.

Одним из главных выводов этого исследования является то, что экономический рост в расчете на душу населения увеличивает выбросы CO₂. Существует прямой эффект, который указывает на то, что увеличение ВВП приводит к увеличению выбросов CO₂ на душу населения. Существует также другой эффект, который можно назвать косвенным, и он связан как с финансовым развитием, так и с показателями торговли. Другими словами, изменения на финансовых рынках и расширение торговых возможностей создают ситуацию, очень благоприятную для экономического роста, что, в свою очередь, увеличивает спрос на энергию и, в конечном счете, выбросы CO₂. Эта схема подтверждается результатами нашего исследования. Очевидно, что для всех стран переход на более чистые источники энергии и повышение энергоэффективности является наилучшим способом снижения выбросов CO₂ на душу населения. С этой целью необходимо разрабатывать и внедрять энергосберегающие и экологически чистые технологии. С таким же успехом можно использовать меры регулирования для сокращения выбросов загрязняющих веществ. Только сочетание энергетической, экологической и экономической политики может обеспечить устойчивость экономического роста в развивающихся странах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров И.А., Александрова Л.А., Антонюк В.С. [и др.] (2022). Проблемы экономической безопасности России в аспекте глобальных трансформаций. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ. С.478.
2. Гейтс Б. (2021). Как нам избежать климатической катастрофы. Решения, которые у нас есть. Прорывы, которые нам нужны / Билл Гейтс; пер. с англ. Марии Чомахидзе-Дорониной; [науч. ред. А. Мирсанова]. — М.: Манн, Иванов и Фербер. С.241.
3. Елкина О.С., Сырчин В.А., Елкин С.Е. (2022). Проблемы и перспективы достижения Россией целей устойчивого развития // Теоретическая экономика. № 5(89). С. 61-71.
4. Курегян С.В., Елкина О.С., Елкин С.Е. (2018). Инновационная экономика и экономика инноваций // Экономическая наука сегодня. № 8. С. 100-107.
5. Смил В. (2012). Энергетика: мифы и реальность. Научный подход к анализу мировой энергетической политики. М.: АСТ-Пресс. С.562.
6. Arellano M., Bond S.R. (1991). Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations. *Review of Economic Studies*. №58, 277-297.
7. Cameron A.C., Trivedi P.K. (2009). *Microeconometrics Using Stata*, Stata Press, College Station, TX. pp. 256-259.
8. Dasgupta P., Heal G. (1974). The optimal depletion of exhaustible resources. // *Review of Economic Studies*. №40, p.328.
9. Elkin S.E. (2022). Decarbonisation as a global trend. Saint-Petersburg: St. Petersburg Scientific-Educational Consulting Center.p. 98.
10. Granger C.W. (1969). Investigation causal relations by econometric models and cross-spectral methods // *Econometrica*. №37. pp.424-438.
11. Granger C.W. (1988). Some recent developments in a concept of causality // *Journal of Econometrics*. № 39. pp.199-211.
12. Grossman G.M., Krueger A.B. (1993). Environmental impacts of a North American free trade agreement / Garber, P.M. (Ed.), *The U.S.-Mexico Free Trade Agreement*, MIT Press, Cambridge, MA. pp.13-56.
13. Jobert T., Karanfil F. (2007). Sectoral energy consumption by source and economic growth in Turkey // *Energy Policy*. № 35, pp.5447-5456.
14. Jobert T., Karanfil F., Tykhonenko A. (2008). Forthcoming. Convergence of per capita carbon dioxide emissions in the EU: Legend or reality? // *Energy Economics*. pp.231.
15. Karanfil F. (2008). Energy consumption and economic growth revisited: Does the size of unrecorded economy matter? // *Energy Policy*. № 36. pp.3019-3025.
16. Karanfil F. (2009). How many times again will we examine the energy-income nexus using a limited range of traditional econometric tools? // *Energy Policy*. № 37. pp.1191-1194.
17. Loschel A. (2002). Technological change in economic models of environmental policy: a survey // *Ecological Economics*. № 43. p.12.
18. Ricci F. (2007). Channels of transmission of environmental policy to economic growth: A survey of the theory // *Ecological Economics*. № 60. pp.688-699.
19. Sadorsky P. (2010). The impact of financial development on energy consumption in emerging economies // *Energy Policy*. № 38. pp.2528-2535.
20. Smil V. (2017). *Energy and Civilization* / Cambridge, Mass.: MIT Press. p. 406.
21. Solow R.M. (1956). A contribution to the theory of economic growth // *The Quarterly Journal of Economics*. № 70(1). pp.65-94.
22. Soz S. (1997). India rejects incorporation of new environmental commitments for developing countries (transcript of speech) / Presented at the 3rd Session of the Conference of the Parties to the Framework Convention on Climate Change. Japan. <http://www.indianembassy.org/policy/Environment/soz.htm>

-
23. Stern D.I. (2004). The Rise and Fall of the Environmental Kuznets Curve. // World Development. № 32. pp.1419-1439.
24. Stiglitz J.E. (1974). Growth with exhaustible natural resources: efficient and optimal growth paths // Review of Economic Studies, Symposium on the Economics of Exhaustible Resources. № 41. pp.123-137.
25. UNFCCC (1992). The UN Framework Convention on Climate Change. <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convfr.pdf>
26. World Bank Development Indicators, databank. <http://worldbank.org>

Economic growth, innovation and sustainable development: interrelationships and contradictions in the economies of developing countries

Elkin Stanislav Evghenievich

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor,

Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, North-West Institute of Management, St.

Petersburg, Russian Federation

E-mail: elkin-se@ranepa.ru

KEYWORDS

economic growth,
innovation, financial
development, energy
efficiency, environmental
efficiency, economic growth

ABSTRACT

The study presents the results of studying the current theoretical problems of the modern world economy. The main focus is on identifying the sources and causes of the various links between economic growth, innovation, energy and environmental efficiency in the economies of developing countries at the beginning of this century. The fundamental interrelations of deterministic and stochastic nature and the assessment of their impact on the potential of economic growth are considered. Theoretical discussions are based on an analysis of the relevant literature and the results of previous studies, which indicate, however, that a more detailed study is needed to gain an understanding of the genesis of the possible relationship between these variables. First of all, the relationship between: 1) financial development and economic growth; 2) energy consumption (or CO₂ emissions) and economic growth; 3) innovation (research and development) and economic growth. To ensure the statistical accuracy of the study, an empirical study is conducted using the Arellano-Bond method. Based on the data analysis, it has been established that there are empirical relationships between the variables involved, related to the impact on the choice and justification of modern environmental, economic and innovation policies in developing countries in the modern period. Only a combination of energy, environmental and economic policies can ensure the sustainability of economic growth in developing countries. The main purpose of the study is to verify the validity of this assumption. Detailed research in this area is needed to provide insight into the possible relationship and interaction between financial development, energy consumption (CO₂ emissions), innovation, and economic growth. The results and conclusions of the study will help to better understand the empirical relationships between the variables involved, which will have an important impact on the planning of environmental, economic and innovation policies.
