

DOI: 10.15838/esc.2025.6.102.11

УДК 502, ББК 20.1

© Акин Ф., Озгюн Ф.

Гипотеза экологической кривой Филлипса для России: взаимосвязь между уровнями загрязнения окружающей среды и безработицы

**Фатих АКИН**

Эрзинджанский университет Бинали Йылдырым

Эрзинджан, Турция

e-mail: fatih.akin@erzincan.edu.tr

ORCID: 0000-0002-7741-4004; ResearcherID: LZH-7776-2025

**Фергюль ОЗГЮН**

Стамбульский университет Нового Века

Стамбул, Турция

e-mail: fergul.ozgun@yeniuyuzyl.edu.tr

ORCID: 0000-0003-0633-7045; ResearcherID: KYA-5658-2024

Аннотация. Экологическая кривая Филлипса описывает обратную зависимость между уровнем безработицы и загрязнением окружающей среды. В исследовании проверялась справедливость гипотезы экологической кривой Филлипса для России. При анализе данных, охватывающих период с 1992 по 2022 год, был применен метод авторегрессии и распределенного лага, дополненный рядами Фурье. Выбросы CO_2 , рассматриваемые в качестве показателя загрязнения окружающей среды, являются зависимой переменной модели. Независимыми переменными выступают показатели уровня безработицы, экономического роста, совокупного объема энергоснабжения и уровня урбанизации. Согласно результатам анализа, в России существует обратная зависимость

Для цитирования: Акин Ф., Озгюн Ф. (2025). Гипотеза экологической кривой Филлипса для России: взаимосвязь между уровнями загрязнения окружающей среды и безработицы // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. Т. 18. № 6. С. 227–247. DOI: 10.15838/esc.2025.6.102.11

For citation: Akin F., Özgün F. (2025). The environmental Phillips curve hypothesis for Russia: The relationship between the levels of environmental pollution and unemployment. *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*, 18(6), 227–247. DOI: 10.15838/esc.2025.6.102.11

между уровнем безработицы и уровнем загрязнения окружающей среды. Исходя из полученных результатов, гипотеза экологической кривой Филлипса подтверждается для России. Однако оказалось, что при увеличении темпов экономического роста уровень загрязнения окружающей среды снижается. Совокупный объем энергоснабжения и уровень урбанизации имеют положительную корреляцию с уровнем загрязнения окружающей среды. Однако влияние уровня урбанизации на загрязнение окружающей среды статистически незначимо. Полученные результаты показали, что в России следует совершенствовать единую политику в области занятости и охраны окружающей среды. Необходимо увеличить долю возобновляемых источников энергии и совокупный объем энергоснабжения, а также стимулировать политику создания зеленых рабочих мест. Расширение возможностей трудоустройства в секторах, использующих экологически чистые технологии, позволит снижать уровень загрязнения окружающей среды, избегая при этом возможных негативных эффектов, вызываемых существующим уровнем безработицы.

Ключевые слова: экологическая кривая Филлипса, безработица, загрязнение окружающей среды, Россия.

Введение

Промышленная революция, произошедшая в конце XVIII века, повлекла за собой множество экономических и социальных перемен (Philbeck, Davis, 2018). С началом промышленной революции производство товаров и услуг быстро возросло, повысились темпы экономического роста и уровень благосостояния населения, ускорился научно-технический прогресс, произошло увеличение численности населения, а жизнь сосредоточилась в городах (Dogaru, 2020). Промышленная революция привела к позитивным эффектам, однако нельзя отрицать, что были и негативные изменения. Увеличение производства товаров и услуг способствовало не только быстрому истощению природных ресурсов, но и накоплению вредных для окружающей среды отходов производства (Dimanov, 2024). Страны долгое время игнорировали экологический ущерб, чтобы добиться высоких темпов экономического роста за короткое время. Однако со временем ущерб, наносимый окружающей среде экономической деятельностью, достиг огромных масштабов (Smolovic et al., 2023). Рост загрязнения окружающей среды угрожает здоровью человека, приводит к уменьшению биологического разнообразия, ухудшает качество почвы и воды и повышает степень загрязнения воздуха (Li et al., 2025). Это обусловило необходимость достижения новой цели развития. Страны приступили к разработке политики, направленной на сокращение загрязнения окружающей среды (Winter, 2024). Появились новые концепции, такие как устойчивый рост, устойчивое развитие, зеленая

экономика, зеленый рост и циркулярная экономика (экономика замкнутого цикла). Все они основаны на взаимосвязи между экономикой и окружающей средой и направлены на преобразование производственных систем таким образом, чтобы не увеличивать загрязнение окружающей среды (Adamowicz, 2022).

Поскольку ключевой причиной роста загрязнения выступает человек, появилось множество работ, посвященных влиянию экономических показателей на загрязнение окружающей среды (Osuntuyi, Lean, 2023). Многие исследования основаны на концепции экологической кривой Кузнеця, гипотезе «гаваней для грязных производств» (Pollution Haven Hypothesis) и гипотезе «ореола загрязнения» (Pollution Halo Hypothesis), которые относятся к числу таких теорий (Abbass et al., 2022).

Экологическая кривая Кузнеця — усовершенствованный вариант кривой Кузнеця (Kuznets, 1955). В своем исследовании С. Кузнец пришел к выводу о существовании обратной U-образной зависимости между доходом на душу населения и неравенством в доходах (Rayhan et al., 2020). Неравенство в доходах увеличивается по мере увеличения дохода на душу населения. Однако со временем доход на душу населения достигает порогового значения, и после него, по мере увеличения дохода на душу населения, неравенство доходов начинает уменьшаться. Г. Гроссман и А. Крюгер (Grossman, Krueger, 1991) обнаружили обратную U-образную зависимость между доходом на душу населения и загрязнением окру-

жающей среды. По мере увеличения дохода на душу населения уровень загрязнения окружающей среды на душу населения повышается (Adhikari et al., 2024). После достижения определенного уровня дохода на душу населения, по мере того как доход на душу населения продолжает расти, уровень загрязнения окружающей среды на душу населения снижается (Nica et al., 2025). Эта гипотеза называется экологической кривой Кузнеця, поскольку взаимосвязь между увеличением доходов и загрязнением окружающей среды аналогична взаимосвязи между увеличением доходов и неравенством в доходах (Wang et al., 2024).

Согласно гипотезе «гаваней для грязных производств», некоторые компании, расположенные в развитых странах, перемещают отрасли, загрязняющие окружающую среду, в развивающиеся страны (Murshed, 2025). Так происходит, поскольку в развивающихся странах, как правило, отсутствуют жесткие экологические стандарты и нормативы (Bagchi, Sahu, 2025). С увеличением прямых иностранных инвестиций в развивающиеся страны загрязнение окружающей среды также растет. Развивающиеся страны становятся «гаванью» для производств, загрязняющих окружающую среду (Niu, Wang, 2024). Согласно этой гипотезе, по мере увеличения прямых иностранных инвестиций нагрузка на окружающую среду увеличивается (Sreenu, 2025).

Исходя из гипотезы «ореола загрязнения», увеличение прямых иностранных инвестиций приведет к снижению загрязнения окружающей среды (Mishra et al., 2025). Прямые иностранные инвестиции, поступающие из развитых стран в развивающиеся, приносят с собой новые технологии (Achuo, Ojong, 2025). Благодаря передаче новых и более совершенных технологий производственные процессы в этих странах становятся более чистыми, а нагрузка на окружающую среду снижается. Таким образом, согласно гипотезе «ореола загрязнения», между прямыми иностранными инвестициями и уровнем загрязнения окружающей среды зависимость обратная (Ali, Wang, 2024).

В последние годы к описанным выше гипотезам была добавлена новая. Основываясь на гипотезе кривой Филлипса (1958), М. Кашем и М. Рахман выдвинули гипотезу, названную экологической кривой Филлипса (Kashem, Rah-

man, 2020). Согласно гипотезе кривой Филлипса, существует обратная зависимость между уровнем инфляции и уровнем безработицы (Rayhan et al., 2020). В исследовании, посвященном изучению взаимосвязи между уровнем загрязнения окружающей среды и уровнем безработицы, была обнаружена обратная зависимость между этими двумя переменными (Kashem, Rahman, 2020). Именно из-за отрицательной корреляции между безработицей и загрязнением окружающей среды эта гипотеза была названа экологической кривой Филлипса (Shastri et al., 2023).

Загрязнение окружающей среды и безработица — две глобальные проблемы, с которыми сталкиваются государства. Однако нельзя добиться сокращения одновременно и ущерба окружающей среде, и уровня безработицы. По этой причине страны должны выбирать, какую из этих двух задач решать. Экологическая кривая Филлипса чрезвычайно важна, поскольку она дает новый взгляд на традиционную кривую Филлипса и показывает отрицательную корреляцию между уровнем безработицы и уровнем загрязнения окружающей среды (Shang, Xu, 2022). С появлением в 2020 году гипотезы экологической кривой Филлипса число исследований, проверяющих ее обоснованность, быстро росло. Однако, поскольку гипотеза экологической кривой Филлипса является относительно новой, можно констатировать, что эмпирических исследований по этому вопросу все еще недостаточно и необходимо продолжать работу в этом направлении. Для того чтобы была возможность сравнить результаты и получить более точные сведения относительно конкретных стран, следует проводить исследования на примере разных стран или групп стран, причем для заполнения пробела в литературе следует анализировать те страны или их группы, которые ранее не рассматривались. Нами гипотеза экологической кривой Филлипса рассматривается на примере России, т. к. в ходе обзора научной литературы не было выявлено эмпирических исследований, проверяющих гипотезу экологической кривой Филлипса в российских условиях.

Россия — один из крупнейших эмитентов CO₂ и других парниковых газов. Наибольшим объемом выбросов парниковых газов в мире характеризуются Китай, Соединенные Штаты

Америки и Индия. Затем следует Россия, ответственная за 7% их мирового объема (Magazzino et al., 2023). По этой причине анализ российских показателей, связанных с загрязнением окружающей среды, важен с точки зрения разработки экологической политики. Необходимо подавлять факторы, усиливающие загрязнение окружающей среды, и содействовать улучшению ее качества. Если степень воздействия факторов, связанных с загрязнением окружающей среды, и направление воздействия будут определены правильно, появится возможность принимать более обоснованные решения в рамках будущей политики. В качестве зависимой переменной (индикатора загрязнения окружающей среды) использовался показатель выбросов CO_2 . Независимой переменной является показатель уровня безработицы. Также в модель в качестве независимых переменных включены различные индикаторы, влияющие на загрязнение окружающей среды: экономический рост, уровень урбанизации и совокупный объем энергоснабжения. Анализ охватывает период после распада СССР, с 1992 по 2022 год. Применяется метод авторегрессии и распределенного лага, дополненный рядами Фурье (FAARDL).

Обзор литературы

Несмотря на то, что в литературе представлено множество работ, проверяющих гипотезу экологической кривой Кузнецца, она вызывает научный интерес и сегодня (Biyase et al., 2024; Amankwa et al., 2024; Horobet et al., 2024; Rabbi, Abdullah, 2024; Khalid et al., 2025; Kolasa-Wiecek et al., 2024; Menegaki et al., 2025; Naqvi et al., 2025; Odei et al., 2025; Porto et al., 2025). Кроме того, растет число исследований, посвященных гипотезам «гавани для грязных производств» и «ореола загрязнения» (Gogoi, Hussain, 2024; Padhan, Bhat, 2024; Forson, 2024; Kumar et al., 2024; Balla, Lokonon, 2024; Holtbrügge, Raghavan, 2025; Al Numan et al., 2025; Ekesiobi et al., 2025; Dar et al., 2025; Soti et al., 2024).

Как отмечалось ранее, в статье (Kashem, Rahman, 2020) была выдвинута гипотеза экологической кривой Филлипса. При анализе опубликованных работ, проверяющих ее, выявлено, что в качестве индикаторов загрязнения окружающей среды исследователями используются различные показатели, такие как

выбросы CO_2 , экологический след и условный коэффициент нагрузки на биоемкость. Кроме того, в модели включаются различные независимые переменные: экономический рост, прямые иностранные инвестиции, использование возобновляемых источников энергии, рост населения, урбанизация и глобализация, их роль сравнивается с воздействием безработицы. Ниже представлена информация об исследованиях, посвященных экологической кривой Филлипса.

В работе (Bhowmik et al., 2022) проверяется справедливость гипотезы экологической кривой Филлипса для США. В качестве показателя загрязнения учитываются выбросы CO_2 . С помощью метода авторегрессии и распределенного лага (ARDL) была рассмотрена взаимосвязь между уровнем загрязнения окружающей среды и уровнем безработицы как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе. Для США гипотеза экологической кривой Филлипса оказывается со временем справедливой. Таким образом, представляется, что взаимосвязь между уровнем загрязнения окружающей среды и уровнем безработицы различается в краткосрочной и долгосрочной перспективе (Bhowmik et al., 2022).

В исследовании (Tanveer et al., 2022) изучается взаимосвязь между уровнями загрязнения окружающей среды и безработицы в Пакистане. Авторами использованы три различных экологических показателя: выбросы CO_2 , CH_4 и экологический след. В дополнение к показателю безработицы в модель в качестве независимых переменных были включены следующие индикаторы: потребление энергии, прямые иностранные инвестиции, экономический рост и глобализация. Согласно результатам анализа, охватывающего период с 1975 по 2014 год, гипотеза экологической кривой Филлипса справедлива для Пакистана. В долгосрочной перспективе прямые иностранные инвестиции положительно влияют на экологическую устойчивость, в то время как глобализация оказывает на нее отрицательное влияние (Tanveer et al., 2022).

В статье (Tariq et al., 2022) проверена гипотеза экологической кривой Филлипса для стран Южной Азии. Используются данные за период с 1991 по 2019 год. Анализировался такой по-

казатель, как экологический след, использовался метод авторегрессии и распределенного лага. Другими независимыми переменными в модели являются показатели роста населения, использования возобновляемых и невозобновляемых источников энергии и ВВП. Результаты анализа свидетельствуют, что гипотеза экологической кривой Филлипса справедлива для стран Южной Азии. Между уровнями безработицы и загрязнения окружающей среды корреляция отрицательная (Tariq et al., 2022).

В работе (Naciimatoğlu, 2023) проверяется гипотеза экологической кривой Филлипса на основе изучения взаимосвязи между уровнем загрязнения окружающей среды и уровнем безработицы в странах Next-11. В качестве показателя загрязнения окружающей среды использовался экологический след. Выявлено, что в странах Next-11 между загрязнением окружающей среды и безработицей корреляция отрицательная. Таким образом, гипотеза экологической кривой Филлипса подтверждается.

В другом исследовании проверяется справедливость гипотезы экологической кривой Филлипса для стран БРИКС. Набор данных охватывает период с 1990 по 2020 год. Показатель выбросов CO₂ использовался в качестве индикатора загрязнения окружающей среды. В дополнение в модель включены показатели неопределенности экономической политики, использования возобновляемых источников энергии, финансового развития, технического прогресса и природной ренты. По результатам исследования определено, что занятость и развитие финансовой сферы в странах БРИКС увеличивают показатель выбросов CO₂, а использование возобновляемых источников энергии и неопределенность экономической политики снижают (Durani et al., 2023).

В работе (Addison et al., 2024) изучается взаимосвязь между показателями качества окружающей среды и уровнем безработицы в Гане. Анализ методом авторегрессии и распределенного лага был проведен на основе данных, охватывающих период с 1990 по 2019 год. Согласно результатам анализа, влияние общего уровня безработицы, уровня безработицы среди женщин и безработицы среди мужчин на качество окружающей среды различно. Таким образом, гипотеза экологической кривой Филлипса была опровергнута для Ганы (Addison et al., 2024).

В работе (Yavuz et al., 2024) проверяется справедливость гипотезы экологической кривой Филлипса для Турции. Авторами использовался условный коэффициент нагрузки на биоемкость (load capacity factor; рассчитывается как отношение биоемкости к экологическому следу), а не выбросов углекислого газа или экослед. Таким образом, исследование было сосредоточено на качестве окружающей среды, а не на ее загрязнении. Набор данных охватывал период с 1982 по 2022 год. В качестве метода была применена модель авторегрессии и распределенного лага, дополненная рядами Фурье. Результаты анализа подтверждают гипотезу экологической кривой Филлипса для Турции (Yavuz et al., 2024).

В исследовании (Kinnunen et al., 2024) гипотеза кривой Филлипса рассматривается применительно к Финляндии. Данные, охватывающие период с 1990 по 2022 год, анализировались методом авторегрессии и распределенного лага. В дополнение к уровню безработицы в модель включены показатели потребления энергии от возобновляемых источников, урбанизации и ВВП на душу населения. Установлено, что гипотеза экологической кривой Филлипса для Финляндии неверна (Kinnunen et al., 2024).

В работе (Daştan, Eygü, 2024) проверяется справедливость гипотез экологической кривой Кузнеца и экологической кривой Филлипса для Турции. Метод авторегрессии и распределенного лага, дополненный рядами Фурье, был применен на данных, полученных в Турции за период с 1980 по 2018 год. Экологический след включен в модель в качестве показателя загрязнения окружающей среды. Согласно результатам анализа, обе гипотезы справедливы для Турции. Кроме того, в то время как урбанизация, которая является одной из независимых переменных модели, помогает улучшить качество окружающей среды, природная рента ухудшает его, поскольку увеличивает экологический след (Daştan, Eygü, 2024).

В исследовании (Golkhandan, 2024) изучается взаимосвязь между загрязнением окружающей среды и безработицей в странах Ближнего Востока и Северной Африки. Проведен анализ, охватывающий данные по 11 странам за период с 2000 по 2022 год. В качестве показателя загрязнения окружающей среды взят условный коэффициент нагрузки на биоем-

кость. По этой причине в ходе исследования также была проверена гипотеза кривой этого коэффициента. Автор пришел к выводу, что гипотеза экологической кривой Филлипса не может быть опровергнута в рассматриваемых странах. Анализ причинно-следственных связей на панельных данных показал, что между уровнем безработицы и условным коэффициентом нагрузки на биоемкость существует двусторонняя причинно-следственная связь (Golkhandan, 2024).

В исследовании (Azimi, Rahman, 2024) с применением методов распределенного лага с коррекцией межпространственной зависимости (CS-ARDL), вейвлет-когерентности и вейвлет-причинности проверяется справедливость гипотезы экологической кривой Филлипса для стран G7. В качестве индикатора загрязнения окружающей среды использовался показатель выбросов CO₂. Набор данных охватывает период с 1990 по 2022 год. Полученные результаты показывают, что гипотеза справедлива для стран G7.

Также гипотеза экологической кривой Филлипса для стран G7 рассматривается в исследовании (Ayad, Djedaïet, 2024). В нем, в отличие от (Azimi, Rahman, 2024), в качестве экологического показателя использовался условный коэффициент нагрузки на биоемкость. Соответственно, в ходе исследования строилась не только экологическая кривая Филлипса, но и кривая этого коэффициента. Согласно результатам анализа, проведенного методом объединенных групповых средних (PMG-ARDL) и методом распределенного лага с коррекцией межпространственной зависимости, обе гипотезы справедливы для стран G7 (Ayad, Djedaïet, 2024).

В работе (Sahin et al., 2025) используются данные 10 развивающихся стран с самыми высокими выбросами углекислого газа для проверки гипотезы экологической кривой Филлипса за период с 1990 по 2019 год. С помощью анализа методом авторегрессии распределенного лага авторы обнаружили обратную взаимосвязь между уровнем безработицы и ухудшением состояния окружающей среды. Таким образом, для рассматриваемых стран гипотеза экологической кривой Филлипса подтверждается (Sahin et al., 2025).

В исследовании (Koşuncu Çakmak et al., 2025) проверяется гипотеза экологической кривой Филлипса для развитых и развивающихся стран за 1990 по 2020 год. Согласно результатам анализа, гипотеза экологической кривой Филлипса опровергается как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе в странах с высоким уровнем дохода. Однако в странах с уровнем дохода выше и ниже среднего она подтверждается (Koşuncu Çakmak et al., 2025).

Результаты исследований, описанные выше, обобщены в *таблице 1*. Согласно представленным данным, гипотеза экологической кривой Филлипса в целом подтверждается, при этом сокращается число стран, где она опровергается.

Материалы и методы

В данном исследовании для анализа корреляции между показателями безработицы и загрязнения окружающей среды в долгосрочной перспективе в России был использован метод граничных значений авторегрессии и распределенного лага с преобразованием Фурье. Анализ охватывает период с 1992 по 2022 год. Показатели выбросов углекислого газа использовались как индикатор загрязнения окружающей среды и в качестве зависимой переменной. Независимой переменной является уровень безработицы. Кроме того, в качестве контрольных переменных в модель были добавлены показатели экономического роста, совокупного объема энергоснабжения и уровня урбанизации. При анализе производилось логарифмирование переменных. Модель, которая была создана на основе исследований (Kashem, Rahman, 2020; Kinnunen et al., 2024; Daştan, Eygü, 2024), представлена в уравнении (1).

$$CO_{2t} = \beta_0 + \beta_1 GDP_t + \beta_2 ES_t + \beta_3 URB_t + \beta_4 UNP_t + \varepsilon_t, \quad (1)$$

где: CO₂ — выбросы углекислого газа (тонн на душу населения); GDP — экономический рост (ВВП на душу населения в постоянных ценах 2015 года, долл. США); ES — совокупный объем энергоснабжения (млн т. условного топлива); URB — уровень урбанизации (% от общей численности населения); UNP — уровень безработицы (% от рабочей силы); ε_t — случайное отклонение. В *таблице 2* приведено описание переменных и источников данных.

Таблица 1. Исследования, проверяющие гипотезу экологической кривой Филлипса

Автор, год	Страна	Метод	Результаты
(Kashem, Rahman, 2020)	30 развитых стран	Метод наименьших квадратов (OLS)	Гипотеза экологической кривой Филлипса подтверждается для развитых стран
(Bhowmik et al., 2022)	США	Метод авторегрессии и распределенного лага (ARDL)	Гипотеза экологической кривой Филлипса со временем подтверждается, но не в краткосрочном периоде
(Tanveer et al., 2022)	Пакистан	Метод авторегрессии и распределенного лага (ARDL)	Гипотеза экологической кривой Филлипса подтверждается для Пакистана
(Tariq et al., 2022)	Страны Южной Азии	Метод авторегрессии и распределенного лага на панельных данных (Panel ARDL)	Гипотеза экологической кривой Филлипса подтверждается для стран Южной Азии
(Hacıııımođlu, 2023)	Страны Next-11	Метод расширенных групповых средних (AMG), метод динамических общих эффектов корреляции (DCCE)	Гипотеза экологической кривой Филлипса подтверждается
(Durani et al., 2023)	Страны БРИКС + Турция	Полностью модифицированный метод наименьших квадратов (FMOLS), динамический метод наименьших квадратов (DOLS)	Гипотеза экологической кривой Филлипса подтверждается для стран БРИКС и Турции
(Addison et al., 2024)	Гана	Метод авторегрессии и распределенного лага (ARDL)	Гипотеза экологической кривой Филлипса опровергается для Ганы
(Yavuz et al., 2024)	Турция	Метод авторегрессии и распределенного лага, дополненный рядами Фурье (A-ARDL)	Гипотеза экологической кривой Филлипса подтверждается для Турции
(Kinnunen et al., 2024)	Финляндия	Метод авторегрессии и распределенного лага (ARDL)	Гипотеза экологической кривой Филлипса опровергается для Финляндии
(Dařtan, Eygü, 2024)	Турция	Метод авторегрессии и распределенного лага, дополненный рядами Фурье (A-ARDL)	Гипотеза экологической кривой Филлипса подтверждается для Турции
(Golkhandan, 2024)	11 стран Ближнего Востока и Северной Африки	Метод авторегрессии и распределенного лага с использованием метода объединенных групповых средних (PMG-ARDL), метод нелинейной авторегрессии и распределенного лага с использованием метода объединенных групповых средних (PMG-NARDL)	Гипотеза экологической кривой Филлипса подтверждается для исследуемых стран
(Azimi, Rahman, 2024)	Страны G7	Метод авторегрессии и распределенного лага с коррекцией межпространственной зависимости (CS-ARDL), вейвлет-когерентность, вейвлет-причинность	Гипотеза экологической кривой Филлипса подтверждается для стран G7
(Ayad, Djedalet, 2024)	Страны G7	Метод авторегрессии и распределенного лага с использованием метода объединенных групповых средних (PMG-ARDL), метод авторегрессии и распределенного лага с коррекцией межпространственной зависимости (CS-ARDL)	Гипотеза экологической кривой Филлипса подтверждается для стран G7
(Sahin et al., 2025)	10 развивающихся стран	Метод авторегрессии и распределенного лага на панельных данных (Panel ARDL)	Гипотеза экологической кривой Филлипса подтверждается для исследуемых стран
(Koyuncu Çakmak et al., 2025)	Развитые и развивающиеся страны	Метод динамической авторегрессии и распределенного лага на панельных данных (Dynamic Panel ARDL)	В странах с высоким уровнем дохода гипотеза экологической кривой Филлипса опровергается как в краткосрочном, так и в долгосрочном периоде. Однако она подтверждается для стран с уровнем дохода выше и ниже среднего
Источник: составлено авторами.			

Таблица 2. Описание переменных

Сокращение	Переменная	Единица измерения	Источник
CO ₂	Выбросы CO ₂	Тонн на душу населения	Всемирный банк
GDP	Экономический рост	ВВП на душу населения в постоянных ценах 2015 года, долл. США	Всемирный банк
ES	Совокупный объем энергоснабжения	Млн т условного топлива	ОЭСР
URB	Уровень урбанизации	Городское население (% от общей численности населения)	Всемирный банк
UNP	Уровень безработицы	% от рабочей силы	Всемирный банк
Источник: составлено авторами.			

При анализе временных рядов важно изучить характеристики стационарности ряда. Классические тесты на единичный корень (расширенный тест Дики – Фуллера, ADF) могут давать ошибочные результаты при наличии структурных разрывов в ряду. Объяснительная сила тестов при этом снижается, особенно если структурные разрывы не являются внезапными, имеют плавный переход или меняются с течением времени. Для того чтобы решить эту проблему, в исследовании (Christopoulos, León-Ledesma, 2010) был разработан тест на единичный корень в виде расширенного теста Дики – Фуллера, дополненного рядами Фурье. Данный тест является расширенной версией традиционного ADF-теста и направлен на более четкое отображение возможных структурных разрывов и нестационарных составляющих временного ряда. Тест гибко моделирует детерминированный тренд, используя члены ряда Фурье. Кроме того, он позволяет вносить структурные изменения в модель, не требуя предварительного знания количества, местоположения и формы разрывов (Enders, Lee, 2012). Ряды Фурье обладают высокой способностью выявлять потенциально сложные тенденции и сезонность. Таким образом, данный подход является более гибким, чем традиционные линейные или полиномиальные тренды (Gallant, Souza, 1991). Расширенный тест Дики – Фуллера, дополненный рядами Фурье, основан на приведенной ниже регрессионной модели:

$$\Delta y_t = \alpha_0 + \alpha_1 t + \sum_{k=1}^n \left[\gamma_1 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \gamma_2 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) \right] + \rho y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \beta_i \Delta y_{t-i} + \varepsilon_t, \quad (2)$$

где: $\Delta y_t = y_t - y_{t-1}$ – первые разности авторегрессионного процесса первого порядка; t – временной тренд; k – определенная частота; T – количество наблюдений; $\sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right)$ и $\cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right)$ –

члены ряда Фурье; ρ – коэффициент авторегрессии; p – количество разностей с лагом, ε_t – случайное отклонение. Основная цель теста – проверить нулевую гипотезу $\rho = 0$. Если нулевая гипотеза опровергается, то делается вывод, что ряд не содержит единичных корней и, следовательно, является стационарным. В модель были добавлены члены ряда Фурье, чтобы учесть возможные структурные разрывы и нелинейные изменения в ряду. Количество частот (k) определяется эмпирически и обычно выбирается на основе информационных критериев или значимости критериальной статистики (Christopoulos, León-Ledesma, 2010).

Метод авторегрессии и распределенного лага, дополненный рядами Фурье, был разработан для анализа долгосрочных корреляций между переменными и направлен на преодоление некоторых ограничений традиционного метода авторегрессии и распределенного лага. Стандартный метод граничных значений авторегрессии и распределенного лага (Pesaran et al., 2001) может быть недостаточно надежен, особенно при наличии нестационарных структурных изменений, что затрудняет точное определение долгосрочной корреляции с помощью модели. Кроме того, традиционная авторегрессионная модель распределенного лага имеет существенные недостатки, например требует, чтобы зависимой была переменная $I(1)$, и игнорирует дегенеративные элементы и структурные разрывы, которые могут возникнуть при включении в модель большого количества независимых переменных. Преодолеть эти ограничения позволяет дополненный метод авторегрессии и распределенного лага, разработанный в исследованиях (McNown et al., 2018; Sam, 2019), способный выявлять дегенеративные элементы с помощью теста $F_{\text{в}}$ уровней независимых переменных с лагом. Помимо этого, существует метод авторегрессии и распределенного лага, до-

полненный рядами Фурье, который интегрирует в эту структуру члены ряда Фурье, позволяя моделировать структурные разрывы с особенно плавными переходами, что значительно повышает гибкость модели (Enders, Lee, 2012; Yilanci et al., 2020; Syed et al., 2023; Apergis et al., 2023).

Благодаря такой усовершенствованной структуре метод авторегрессии и распределенного лага, дополненный рядами Фурье, не только учитывает структурные разрывы, но и обеспечивает гибкость при работе с различными уровнями стационарности. Это очень полезная функция, особенно при анализе временных рядов в сложных экономических системах. Данный метод также позволяет эффективно решать проблемы, возникающие в традиционных авторегрессионных моделях распределенного лага, такие как малый размер выборки и низкая мощность критерия. Бутстреп-метод, используемый в модели с рядами Фурье, позволяет более надежно оценить значимость критериальной статистики и устранить неопределенности, возникающие в критериях, основанных на асимптотических критических значениях (Wu et al., 2022; Lin, Wu, 2022). Эта модель может дать более надежные теоретические и эмпирические результаты (Kumar, Patel, 2024).

В результате метод авторегрессии и распределенного лага, дополненный рядами Фурье, выделяется своими преимуществами, такими как способность гибко моделировать структурные разрывы, работать с рядами различной степени интеграции и обеспечивать высокую мощность критерия даже на небольших выборках (Nazir, 2024; Goh et al., 2017). Таким образом, при анализе временных рядов можно исключить потенциальную возможность наличия структурных разрывов, которые могли бы негативно повлиять на надежность стандартных тестов на коинтеграцию и результаты традиционной авторегрессионной модели распределенного лага, и проанализировать взаимосвязи между переменными на более устойчивой основе (Yilanci et al., 2020; Bozatlı, Akça, 2024). Метод авторегрессии и распределенного лага, дополненный рядами Фурье, отличается от аналогичных моделей своей способностью гибко представлять структурные изменения в модели, не требуя каких-либо предварительных знаний о времени этих изменений. Такая гибкость

позволяет исследователям проводить более точный и достоверный анализ, особенно в экономических системах, испытывающих внезапные изменения режима, что дает возможность создавать более точные прогнозы для лиц, ответственных за разработку политики и принятие решений (Georgescu, Kinnunen, 2024).

Модель, созданная в работе (Pesaran et al., 2001) на основе уравнения (1), выглядит следующим образом:

$$\Delta CO2_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i \Delta CO2_{t-i} + \sum_{i=1}^l \gamma_i \Delta GDP_{t-i} + \sum_{i=1}^m \delta_i \Delta ES_{t-i} + \sum_{i=1}^n \varphi_i \Delta URB_{t-i} + \sum_{i=1}^p \theta_i \Delta UNP_{t-i} + \lambda_1 \Delta CO2_{t-1} + \lambda_2 \Delta GDP_{t-1} + \lambda_3 \Delta ES_{t-1} + \lambda_4 \Delta URB_{t-1} + \lambda_5 \Delta UNP_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3)$$

где: — постоянный коэффициент; Δ — первые разности; $\beta_i, \gamma_i, \delta_i, \varphi_i, \theta_i$ — краткосрочные коэффициенты; λ_i ($i = 1, 2, 3, 4, 5$) — долгосрочные коэффициенты; k, l, m, n, p — длина лага в соответствии с информационным критерием Акаике (Akaike, 1979); ε_t — случайное отклонение.

М. Песаран с соавторами (Pesaran et al., 2001) представил два теста на коинтеграцию.

Т-критерий для зависимой переменной:

$$H_0: \lambda_1 = 0 \quad (4)$$

F_A -критерий для всех переменных:

$$H_0: \lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = \lambda_4 = \lambda_5 = 0. \quad (5)$$

В работе (Sam et al., 2019) был предложен F_B -критерий для уровней независимых переменных с лагом в модели авторегрессии и распределенного лага, дополненной рядами Фурье, для подкрепления результатов t- и F-критериев.

F_B -критерий для независимых переменных:

$$H_0: \lambda_2 = \lambda_3 = \lambda_4 = \lambda_5 = 0. \quad (6)$$

В исследовании (Sam et al., 2019) были предложены данные три инструмента для определения коинтеграции, некоинтеграции и дегенерации (t-критерий, F_A -критерий, F_B -критерий). Если они опровергают гипотезу H_0 , существует коинтеграция. В дополненном методе авторегрессии и распределенного лага в модель была добавлена детерминированная составляющая в уравнении (7), чтобы учесть разрывы при плавных переходах. В итоге было получено уравнение (8) (Yilanci et al., 2020).

$$d(t) = \gamma_1 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \gamma_2 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right). \quad (7)$$

$$\Delta CO2_t = \alpha_0 + \gamma_1 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \gamma_2 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \sum_{i=1}^k \beta_i \Delta CO2_{t-i} + \sum_{i=1}^l \gamma_i \Delta GDP_{t-i} + \sum_{i=1}^m \delta_i \Delta ES_{t-i} + \sum_{i=1}^n \varphi_i \Delta URB_{t-i} + \sum_{i=1}^p \theta_i \Delta UNP_{t-i} + \lambda_1 \Delta CO2_{t-1} + \lambda_2 \Delta GDP_{t-1} + \lambda_3 \Delta ES_{t-1} + \lambda_4 \Delta URB_{t-1} + \lambda_5 \Delta UNP_{t-1} + \varepsilon_t \quad (8)$$

В уравнении (8): $\pi = 3,14$ — постоянная величина; k — количество выбранных конкретных частот; t — тренд; T — количество наблюдений.

В ходе исследования сначала были проанализированы описательные статистические данные по переменным (табл. 3). Самое высокое математическое ожидание — у переменной GDP (8,901), самое низкое — у переменной UNP (1,931). Самое высокое стандартное отклонение — у UNP (0,317), самое низкое — у URB (0,007). Это говорит о том, что уровень урбанизации довольно стабилен по всей выборке. Значения коэффициента асимметрии указывают направление и степень отклонения от симметричных распределений переменных. Например, положительная асимметрия переменной URB (1,214) указывает на то, что распределение смещено вправо, в то время как отрицательная асимметрия GDP (-0,446) указывает на смещение влево. Величина коэффициента эксцесса GDP равна 1,594; следовательно, распределение плосковершинное. Тест Харке — Бера и Р-значение позволяют определить, имеют ли переменные нормальное распределение.

Низкое Р-значение у переменной URB (0,021) указывает на то, что эта переменная значительно отклоняется от нормального распределения. Поскольку Р-значения других переменных превышают 5-процентный уровень значимости, гипотеза о нормальном распределении этих переменных не может быть опровергнута.

Матрица коэффициентов корреляции (табл. 4) отражает взаимосвязи между переменными. Согласно матрице, между рассмотренными макроэкономическими переменными существуют значительные линейные зависимости. В частности, сильная положительная корреляция между совокупным объемом энергоснабжения и выбросами CO₂ ($r = 0,906$) подтверждает известную гипотезу о взаимосвязи развития энергетического комплекса и уровня загрязнения окружающей среды. Положительные корреляции между показателями ВВП и выбросов CO₂, а также между показателями ВВП и совокупного объема энергоснабжения (соответственно, $r = 0,563$ и $r = 0,725$) указывают на то, что экономический рост может оказывать воздействие на окружающую среду. Значительная отрицательная корреляция между уровнем безработицы и остальными переменными позволяет предположить, что существует вероятность снижения уровня безработицы по мере улучшения экономических показателей и

Таблица 3. Описательная статистика переменных

Переменная	CO ₂ (тонн на душу населения)	GDP (ВВП на душу насе- ления в постоянных ценах 2015 года, долл. США)	ES (млн т условного топлива)	URB (городское население, % от общей числен- ности населения)	UNP (% от рабочей силы)
Математическое ожидание	2,411	8,901	6,529	4,301	1,931
Медиана	2,422	9,034	6,534	4,298	1,883
Максимальное значение	2,581	9,231	6,712	4,319	2,585
Минимальное значение	2,295	8,415	6,377	4,295	1,352
Стандартное отклонение	0,067	0,284	0,088	0,007	0,317
Коэффициент асимметрии	0,32	-0,446	0,302	1,214	0,422
Коэффициент эксцесса	3,063	1,594	2,297	3,32	2,4
Значение статистики Харке — Бера	0,534	3,579	1,111	7,747	1,383
Р-значение	0,766	0,167	0,574	0,021	0,501
Источник: расчеты авторов.					

Таблица 4. Матрица коэффициентов корреляции

	CO ₂	GDP	ES	URB	UNP
CO ₂	1,000				
GDP	0,563	1,000			
ES	0,906	0,725	1,000		
URB	0,458	0,751	0,749	1,000	
UNP	-0,829	-0,852	-0,915	-0,748	1,000

Источник: расчеты авторов.

увеличения потребления энергии. Полученные результаты подчеркивают необходимость более глубокого изучения потенциальных взаимосвязей и причинно-следственных связей между переменными с помощью эконометрического анализа.

Результаты

Для эмпирического определения стационарности рядов в исследовании в дополнение к традиционным тестам на единичный корень были применены современные подходы, учитывающие структурные разрывы. Для проверки рядов на стационарность и единичный корень использован расширенный тест Дики – Фуллера (Dickey, Fuller, 1981). Кроме того, для получения более надежных результатов за счет учета влияния возможных структурных изменений во временных рядах также применен тест Дики – Фуллера, дополненный рядами Фурье, предложенный в работе (Christopoulos, León-Ledesma, 2010). Результаты проверки на стационарность приведены в *таблице 5*.

Результаты теста Дики – Фуллера указывают на наличие нелинейных трендов в исследуемых рядах за все время, поскольку критерий Фишера превышает критическое значение в 5% (Becker et al., 2006). Однако результаты теста Дики – Фуллера, дополненного рядами Фурье, по этому же критерию показывают, что ни одна переменная не является стационарной на уровне, на котором учитывается критическое значение в 5%. Таким образом, переменные содержат единичный корень в их первоначальном виде, даже если учитывать слагаемые Фурье. Результаты традиционного теста Дики – Фуллера также подтверждают этот результат. Ни одна из переменных не является стационарной на уровне значимости 5%, но, когда берутся первые разности всех переменных, они становятся стационарными на уровне значимости 5%. Таким образом, результаты как теста с рядами Фурье, так и традиционного теста Дики – Фуллера показывают, что исследуемые переменные являются стационарными в своих первых разностях, т. е. I (1).

Таблица 5. Результаты тестов на единичный корень: расширенного Дики – Фуллера, дополненного рядами Фурье, и традиционного расширенного Дики – Фуллера

Переменная	Расширенный тест Дики – Фуллера, дополненный рядами Фурье			Расширенный тест Дики – Фуллера	
	Уровень			Уровень	Первая разность
	Частота (k)	Критериальная статистика	Критерий Фишера	Критериальная статистика	Критериальная статистика
CO ₂	1	-3,466	11,636	-2,499 (0,125)	-4,181 (0,002) ***
GDP	1	-0,944	63,820	-0,974 (0,748)	-3,332 (0,022) **
ES	1	-2,541	24,070	-1,345 (0,595)	-4,498 (0,001) ***
URB	1	-0,551	20,484	-2,354 (0,999)	-3,286 (0,025) **
UNP	1	-2,366	26,045	-0,729 (0,824)	-3,811 (0,007) ***
Критические значения	Статистика расширенного теста Дики – Фуллера, дополненного рядами Фурье			Критерий Фишера	
k: 1	%1 [4,43], %5 [3,85], %10 [3,52]			%1 [-6,730], %5 [-4,929], %10 [-4,133]	

Примечание: *** p < 0,01, ** p < 0,05, * p < 0,1.
Источник: расчеты авторов.

Следовательно, переменные подходят для анализа методом граничных значений авторегрессии и распределенного лага с преобразованием Фурье и можно изучить потенциальные долгосрочные взаимосвязи (коинтеграцию) между переменными.

Поскольку было определено, что ряды являются стационарными после взятия первой разности, при анализе долгосрочных корреляций между переменными использовался метод граничных значений авторегрессии и распределенного лага, дополненный рядами Фурье. Этот метод может применяться последовательно с разной степенью стационарности: $I(0)$ или $I(1)$. Более того, благодаря небольшим структурным разрывам, включенным в модель, можно получить более надежные результаты коинтеграции, учитывая влияние возможных экономических и политических изменений с течением времени (Aliyev et al., 2024).

В таблице 6 приведены результаты применения метода граничных значений авторегрессии и распределенного лага, дополненного рядами Фурье. Оптимальные значения лага, используемые в модели, указаны отдельно для зависимых и независимых переменных. В нашем исследовании показатель выбросов CO_2 выступает в качестве зависимой переменной, а все остальные переменные (ВВП, совокупный объем энергоснабжения, уровень урбанизации, уровень безработицы) являются независимыми. Частота Фурье (k) определяется как 1,3. Предполагается, что это значение отражает частоту возможных структурных разрывов и нелинейных перемещений в ряду.

В таблице 6 даны F_A -критерий (Narayan, 2005), t -критерий (Pesaran et al., 2001) и F_B -критерий (Sam et al., 2019). Значение F_A (45,543)

значительно превышает критические значения верхней границы (6,670, 4,774 и 3,994 соответственно) при уровнях значимости 1%, 5% и 10%, представленных как для $I(0)$, так и для $I(1)$. Исходя из результатов, нулевая гипотеза (об отсутствии долгосрочной взаимосвязи между переменными) решительно опровергается на всех уровнях значимости. Таким образом, существует долгосрочная взаимосвязь между показателями выбросов CO_2 и ВВП, совокупного объема энергоснабжения, уровня урбанизации и уровня безработицы.

T -критерий (-11,275) выходит за рамки верхних и нижних критических значений (соответственно, -3,43 и -4,60; -2,86 и -3,99; -2,57 и -3,66) при уровнях значимости 1%, 5% и 10% как для $I(0)$, так и для $I(1)$. Это означает, что коэффициент зависимой переменной (CO_2) не равен нулю и в значительной степени учитывается в долгосрочной модели.

F_B -критерий (49,809) — дополнительный F -критерий, примененный к независимым переменным с лагом для проверки дегенеративных состояний. Он также существенно превышает верхние критические значения (6,83, 4,70 и 3,84 соответственно) на всех уровнях значимости. Следовательно, в модели отсутствуют дегенеративные ситуации и полученные результаты коинтеграции являются надежными.

Таким образом, результаты применения метода граничных значений авторегрессии и распределенного лага с преобразованием Фурье доказывают существование статистически значимой и устойчивой долгосрочной взаимосвязи между показателями выбросов CO_2 и ВВП (GDP), совокупного объема энергоснабжения (ES), уровня урбанизации (URB) и уровня безработицы (UNP). Тот факт, что модель

Таблица 6. Результаты проверки на коинтеграцию модели авторегрессии и распределенного лага с преобразованием Фурье

Длина лага	Частота (k)	F_A			t -критерий			F_B
1, 0, 0, 0, 0	1,3	45,543***			-11,275***			49,809***
Табличные критические значения	Нижняя граница $I(0)$			Верхняя граница $I(1)$				
	%1	%5	%10	%1	%5	%10		
F_A	4,768	3,354	2,752	6,670	4,774	3,994		
t -критерий	-3,43	-2,86	-2,57	-4,60	-3,99	-3,66		
F_B	4,15	2,80	2,22	6,83	4,70	3,84		

Примечание: *** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$.

Источник: расчеты авторов.

включает в себя ряды Фурье, означает, что при проверке существования этой долгосрочной взаимосвязи также учитываются возможные структурные разрывы. Высокие показатели F_A и F_B -критериев означают, что результаты проверки на коинтеграцию надежны и в модели отсутствуют дегенеративные ситуации.

В таблице 7 приведены долгосрочные коэффициенты метода граничных значений авторегрессии и распределенного лага с преобразованием Фурье. Долгосрочный коэффициент ВВП (GDP) равен -0,241 на уровне значимости 1% ($p = 0,000$). Согласно полученным результатам, в России увеличение ВВП на 1% в конечном итоге приводит к снижению выбросов CO_2 примерно на 0,241%, при этом все остальные переменные остаются неизменными. Учитывая, что между показателями ВВП и выбросов CO_2 обычно ожидается прямая зависимость, полученный здесь отрицательный коэффициент вызывает интерес. Данная зависимость может быть вызвана такими факторами, как увеличение удельного веса менее загрязняющих отраслей в структуре промышленного производства по мере развития экономики, повышение энергоэффективности, развитие технологий или эффективность нормативно-правового регулирования в сфере охраны окружающей среды. Результаты отражают сложную зависимость между экономическим ростом и качеством окружающей среды и особенности ее динамики в отдельно взятой стране.

Долгосрочный коэффициент энергоснабжения (ES) составляет 0,663 на уровне значимости 1% ($p = 0,000$). Согласно модели, в долгосрочной перспективе увеличение совокупного объема энергоснабжения на 1% приводит к увеличению выбросов CO_2 примерно на 0,663%, при

этом другие переменные остаются неизменными. Учитывая, что производство и потребление энергии являются одними из основных факторов, определяющих выбросы CO_2 , эта положительная и значимая зависимость была ожидаема. Так как экономика России является энергоемкой, а производство в значительной степени зависит от ископаемого топлива, то увеличение объема энергоснабжения напрямую приводит к повышению выбросов CO_2 . Данный результат подчеркивает важность мер по сокращению выбросов CO_2 , направленных на энергетический сектор.

Долгосрочный коэффициент уровня урбанизации (URB) равен 2,654, но этот коэффициент не является статистически значимым ($p = 0,156$). Хотя коэффициент положителен, нет достаточных доказательств того, что уровень урбанизации оказывает статистически значимое влияние на показатели выбросов CO_2 в долгосрочной перспективе в рамках модели, используемой в исследовании. Воздействие урбанизации на окружающую среду часто носит комплексный характер. С одной стороны, уровень урбанизации может привести к повышению уровня потребления энергии и показателей выбросов от транспорта, с другой стороны – способствовать развитию более эффективной инфраструктуры и систем общественного транспорта.

Долгосрочный коэффициент уровня безработицы (UNP) составляет 0,108 на уровне значимости 1% ($p = 0,001$). В долгосрочной перспективе, согласно модели, увеличение уровня безработицы на 1% сокращает выбросы CO_2 примерно на 0,108%, при прочих равных условиях, что отражает ожидаемую отрицательную взаимосвязь между показателями экономиче-

Таблица 7. Долгосрочные коэффициенты авторегрессионной модели распределенного лага, дополненной рядами Фурье

Модель: $CO_2 = f(GDP, ES, URB, UNP)$				
Переменная	Коэффициент	Стандартная ошибка	t-критерий	P-значение
GDP	-0,241	0,061	-3,970	0,000***
ES	0,663	0,104	6,402	0,000***
URB	2,654	2,008	1,470	0,156
UNP	-0,108	0,031	-3,547	0,001***
Уравнение коинтеграции (-1)	-0,945	0,056	-16,719	0,000***
Примечание: *** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$. Источник: расчеты авторов.				

Таблица 8. Диагностические тесты

Тест	Статистика	P-значение
Харке – Бера	0,396	0,820
Множителей Лагранжа – Бреуша – Годфри	0,286	0,753
Бреуша – Пагана – Годфри	0,492	0,830
Рамсея	0,494	0,626
Cusum-тест: стабильный результат		CusumSq-тест: стабильный результат
Источник: расчеты авторов.		

ской деятельности и уровнем загрязнения окружающей среды. Результаты анализа подтверждают гипотезу экологической кривой Филлипса для России. Согласно гипотезе экологической кривой Филлипса, зависимость между уровнем безработицы и уровнем загрязнения окружающей среды отрицательная. Экономический спад или замедление темпов экономического роста могут влиять на состояние окружающей среды. Вывод о том, что экологическая кривая Филлипса справедлива для России, согласуется с результатами проведенных ранее исследований (Kashem, Rahman, 2020; Bhowmik et al., 2022; Tanveer et al., 2022; Tariq et al., 2022; Naciimamoglu, 2023; Durani et al., 2023; Yavuz et al., 2024; Daştan, Eygü, 2024; Golkhandan, 2024; Azimi, Rahman, 2024; Ayad, Djedaïet, 2024; Sahin et al., 2025; Koyuncu Çakmak et al., 2025).

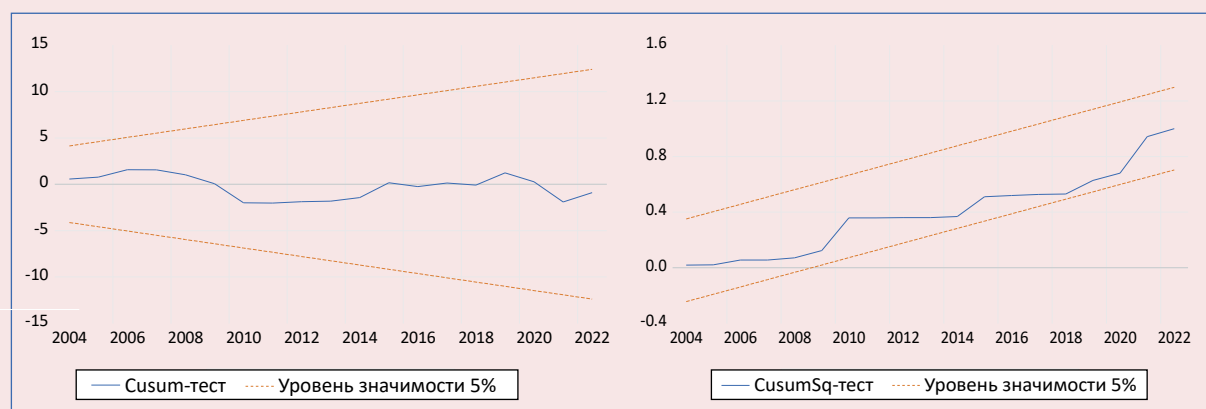
Коэффициент коррекции ошибок в модели равен $-0,945$ и является значимым на уровне 1% , т. е. между переменными в модели существует сильная долгосрочная взаимосвязь. Примерно $94,5\%$ отклонений, возникающих в краткосрочной перспективе, корректируют-

ся в последующий период, и система быстро приближается к долгосрочному равновесию. Результаты исследования показывают, что в России необходимо добиваться устойчивого роста путем наращивания инвестиций в энергоэффективность и зеленые технологии в энергетической отрасли.

Результаты диагностических тестов, приведенные в *таблице 8*, свидетельствуют о надежности и значимости авторегрессионной модели распределенного лага, дополненной рядами Фурье. Тест Харке – Бера показал, что остаточные члены распределены нормально, тест множителей Лагранжа – Бреуша – Годфри говорит об отсутствии в модели автокорреляции, а тест Бреуша – Пагана – Годфри свидетельствует об отсутствии гетероскедастичности. Тест Рамсея показал, что спецификация модели правильная.

Стабильные результаты тестов Cusum и CusumSq (*рисунк*) указывают на то, что коэффициенты модели оставались постоянными с течением времени и структурных изменений не было. Таким образом, оцениваемая модель является статистически устойчивой и надежной.

Графики тестов Cusum и CusumSq



Выводы и рекомендации

Согласно гипотезе экологической кривой Филлипса, между уровнем безработицы и уровнем загрязнения окружающей среды существует обратная зависимость. В данном исследовании гипотеза экологической кривой Филлипса была рассмотрена на примере России с применением метода авторегрессии и распределенного лага, дополненного рядами Фурье. Использованы данные по стране, охватывающие период с 1992 по 2022 год. Зависимой переменной выступил показатель выбросов CO_2 , который используется в модели в качестве показателя загрязнения окружающей среды. Независимыми переменными являются показатели уровня безработицы, уровня урбанизации, совокупного объема энергоснабжения и экономического роста. Согласно результатам анализа, для России гипотеза экологической кривой Филлипса справедлива, то есть существует обратная зависимость между уровнем безработицы и уровнем загрязнения окружающей среды. Помимо этого, найдена обратная зависимость между темпами экономического роста и уровнем загрязнения окружающей среды. Согласно модели, ускорение экономического роста снижает уровень загрязнения окружающей среды, однако процесс урбанизации и увеличение совокупного объема энергоснабжения могут его повысить.

Снижение уровня безработицы и уменьшение уровня загрязнения окружающей среды являются приоритетными целями для многих стран. Однако, согласно гипотезе экологической кривой Филлипса, невозможно достичь двух этих целей одновременно. Наиболее оптимальным шагом в этом направлении является совершенствование политики в области занятости с учетом экологических целей. Среди возможных мер можно выделить увеличение инвестиций в возобновляемые источники энергии, особенно в регионах с высоким уровнем безработицы, расширение производства в тех секторах, которые не приводят к повышению уровня загрязнения окружающей среды. Возможно изменение структуры занятости благодаря перетоку кадров из секторов экономики, вызывающих сильное загрязнение, в более благоприятные для экологии сектора. Этот процесс требует времени и должен осуществляться постепенно.

Для его успешного завершения необходимо осуществлять долгосрочное планирование и четко прописывать этапы процесса.

В последние годы в соответствии с целями устойчивого развития, создания зеленой экономики появились новые профессии, называемые зелеными рабочими местами. Они обеспечивают соблюдение прав работника и возможность заниматься производственной деятельностью, в которой важное значение придается защите окружающей среды. В связи с этим разработка политики занятости, ориентированной на создание зеленых рабочих мест, в России может стать важным шагом в борьбе с загрязнением окружающей среды. Поскольку они требуют от работника определенной квалификации, экологической грамотности, технических знаний, умений творчески мыслить и работать в команде, способности быстро адаптироваться к новым условиям, может потребоваться приведение системы образования в соответствие этим требованиям. Производителей, создающих зеленые рабочие места, необходимо поддерживать, например, предоставлять компаниям, использующим экологически чистые технологии производства, налоговые льготы. Инвесторам, собирающимся вложиться в зеленые технологии и системы производства, следует оказывать финансовую поддержку, поскольку преобразование производственных систем и внедрение экологически чистых технологий в производственный процесс требуют больших затрат. Для покрытия этих расходов производителям могут быть предложены долгосрочные кредиты на приемлемых условиях. Поскольку предприятиям частного сектора трудно самостоятельно обеспечить необходимые инвестиции, следует разработать методы, способствующие расширению сотрудничества между государственным и частным секторами. Необходимо увеличить число компаний, для которых характерны высокая энергоэффективность, низкая природоемкость и широкое использование возобновляемых источников энергии. Так можно повысить качество окружающей среды и создать новые рабочие места.

Также в рамках политики устойчивого развития должна быть увеличена доля возобновляемых источников энергии в общем объеме энергоснабжения.

Хотя уровень урбанизации положительно коррелирует с уровнем загрязнения окружающей среды, зависимость статистически незначима. Несмотря на это, реорганизация городской политики и обозначение приоритета в области создания зеленых городов — чрезвычайно важные направления для устойчивого развития. Такие города более пригодны для жизни. В них возобновляемые источники энергии обеспечивают работу транспортной системы, накопленные отходы преобразуются в энергию, сокращено потребление воды, дождевая вода хранится и эффективно используется, растет количество электромобилей. Распространение зеленых городов может снизить негативное влияние процессов урбанизации на окружающую среду. В то же время в рамках осуществления проектов зеленых городов можно создать множество но-

вых рабочих мест и, вследствие этого, способствовать борьбе с безработицей.

Таким образом, обратная зависимость между уровнем безработицы и уровнем загрязнения окружающей среды в России, подтверждающая гипотезу экологической кривой Филлипса, может быть использована в интересах страны при принятии надлежащих мер. Иными словами, выстраивание политики в сфере занятости в соответствии с принципами устойчивого развития может помочь бороться с загрязнением окружающей среды без увеличения уровня безработицы. Необходимо осуществлять аналогичные исследования и по регионам России. Дальнейшие исследования гипотезы экологической кривой Филлипса будут способствовать более глубокому изучению данного вопроса и восполнению пробелов в литературе.

Литература

- Abbass K., Song H., Mushtaq Z., Khan F. (2022). Does technology innovation matter for environmental pollution? Testing the pollution halo/haven hypothesis for Asian countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(59), 89753–89771. DOI: 10.1007/s11356-022-21929-w
- Achuo E., Ojong N. (2025). Foreign direct investment, economic growth and environmental quality in Africa: Revisiting the pollution haven and environmental Kuznets curve hypotheses. *Journal of Economic Studies*, 52(4), 673–691. DOI: 10.1108/JES-02-2024-0065
- Adamowicz M. (2022). Green deal, green growth and green economy as a means of support for attaining the sustainable development goals. *Sustainability*, 14(10), 5901. DOI: 10.3390/su14105901
- Addison R., Akutchah E., Debrah G. (2024). Does the environmental Phillips curve hypothesis hold within the Ghanaian context? *Scientific African*, 26, e02400. DOI: 10.1016/j.sciaf.2024.e02400
- Adhikari R., Niroula B., Singh S.K. (2024). Navigating Nepal's economic growth and carbon emissions: Insights into the environmental Kuznets curve (EKC). *Nature Environment and Pollution Technology*, 23(3). DOI: 10.46488/NEPT.2024.v23i03.001
- Akaike H. (1979). A Bayesian extension of the minimum AIC procedure of autoregressive model fitting. *Biometrika*, 66(2), 237–242. DOI: 10.2307/2335654
- Al Numan A., Tahrim F., Esquivias M.A., Biswas M.K., Pramanthi M.R. (2025). Testing the pollution haven and inverted N-shaped EKC hypotheses in the ASEAN Region: The impact of FDI and energy mix on environmental quality. *Environmental and Sustainability Indicators*, 100698. DOI: 10.1016/j.indic.2025.100698
- Ali M.U., Wang Y. (2024). Pollution haven or pollution halo? The role of global value chains in Belt and Road economies. *Review of Development Economics*, 28(1), 168–189. DOI: 10.1111/rode.13041
- Aliyev F., Eylasov N., Gasim N., Şahinler A.N. (2024). Impact of nuclear energy consumption on CO2 emissions in South Korea: Evidence from Fourier Bootstrap ARDL Bound test. *Journal of Sustainable Development Issues*, 2(1), 51–66. DOI: 10.62433/josdi.v2i1.23
- Amankwa R.F., Yiadom E.B., Acheampong E., Mawutor J.K. (2024). Climate change mitigation with Eurobonds: An Environmental Kuznets Curve analysis. *Cogent Economics and Finance*, 12(1), 2312782. DOI: 10.1080/23322039.2024.2312782
- Apergis N., Degirmenci T., Aydin M. (2023). Renewable and non-renewable energy consumption, energy technology investment, green technological innovation, and environmental sustainability in the United States: Testing the EKC and LCC hypotheses with novel Fourier estimation. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(60), 125570–125584. DOI: 10.1007/s11356-023-30901-1

- Ayad H., Djedaïet A. (2024). Does the unemployment rate matter for environmental issues in the G7 nations? New testing for the environmental Phillips curve using the load capacity factor. *Environment, Development and Sustainability*, 1–31. DOI: 10.1007/s10668-024-04956-0
- Azimi M.N., Rahman M.M. (2024). Examining the environmental Phillips curve hypothesis in G7 nations: Critical insights from wavelet coherence and wavelet causality analysis. *Quality and Quantity*, 1–31. DOI: 10.1007/s11135-024-01909-7
- Bagchi P., Sahu S.K. (2025). The conundrum of porter hypothesis, pollution haven hypothesis, and pollution halo hypothesis: Evidence from the Indian manufacturing sector. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 27(1), 205–217. DOI: 10.1007/s10098-024-02886-z
- Balla S.M.E., Lokonon B.O.K. (2024). Pollution haven or pollution halo: Evidence in forestry in developing countries. *Journal of Forest Economics*, 39(2), 187–204. DOI: 10.1561/112.00000577
- Becker R., Enders W., Lee J. (2006). A stationarity test in the presence of an unknown number of smooth breaks. *Journal of Time Series Analysis*, 27(3), 381–409. DOI: 10.1111/j.1467-9892.2006.00478.x
- Bhowmik R., Syed Q.R., Apergis N., Alola A.A., Gai Z. (2022). Applying a dynamic ARDL approach to the Environmental Phillips Curve (EPC) hypothesis amid monetary, fiscal, and trade policy uncertainty in the USA. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(10), 14914–14928. DOI: 10.1007/s11356-021-16716-y
- Biyase M., Kirsten F., Mbatha S., Ataro B. (2024). Remittance and carbon dioxide emissions in the Southern African Customs Union region: Is there a modified environmental Kuznets curve? *Sustainable Futures*, 8, 100315. DOI: 10.1016/j.sfr.2024.100315
- Bozatlı O., Akça H. (2024). Does the composition of environmental regulation matter for ecological sustainability? Evidence from Fourier ARDL under the EKC and LCC hypotheses. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 26, 4305–4323. DOI: 10.1007/s10098-024-02838-7
- Christopoulos D.K., León-Ledesma, M.A. (2010). Testing for Granger (non-) causality in a time-varying coefficient VAR model. *Journal of Forecasting*, 29(4), 436–453. DOI: 10.1002/for.1060
- Dar Y.A., Malik M.H., Rasool H. (2025). Exploring the load capacity factor and pollution haven hypothesis in India: Analyzing energy security risk and financial development in an asymmetric framework. *Environmental Quality Management*, 34(4), e70091. DOI: 10.1002/tqem.70091
- Daştan M., Eygü H. (2024). An empirical investigation of the link between economic growth, unemployment, and ecological footprint in Turkey: Bridging the EKC and EPC hypotheses. *Environment, Development and Sustainability*, 26(7), 18957–18988. DOI: 10.1007/s10668-023-04106-y
- Dimanov D.K. (2024). Social and human costs of industrialization: A review of some negative effects on society during the first industrial revolution. *Knowledge-International Journal*, 62(1), 123–127.
- Dogaru L. (2020). The main goals of the fourth industrial revolution. renewable energy perspectives. *Procedia Manufacturing*, 46, 397–401. DOI: 10.1016/j.promfg.2020.03.058
- Durani F., Bhowmik R., Sharif A., Anwar A., Syed Q.R. (2023). Role of economic uncertainty, financial development, natural resources, technology, and renewable energy in the environmental Phillips curve framework. *Journal of Cleaner Production*, 420, 138334. DOI: 10.1016/j.jclepro.2023.138334
- Ekesiobi C., Emmanuel P.M., Mgbemena E. et al. (2025). Reconsidering the pollution haven hypothesis: An investigation of international trade, foreign direct investment, and carbon emission nexus in Nigeria. *Journal of Chinese Economic and Business Studies*, 23(2), 233–257. DOI: 10.1080/14765284.2024.2435227
- Enders W., Lee J. (2012). The flexible Fourier form and Dickey–Fuller type unit root tests. *Economics Letters*, 117(1), 196–199. DOI: 10.1016/j.econlet.2012.04.081
- Forson J.A. (2024). Public sector corruption, FDI and sustainable development in Africa: Does the pollution halo or haven hypothesis hold in Ghana? *Scientific African*, 26, e02442. DOI: 10.1016/j.sciaf.2024.e02442
- Gallant A.R., Souza G. (1991). Fitting flexible functional forms via semiparametric methods. *Journal of Econometrics*, 47(2–3), 269–290.
- Georgescu I., Kinnunen J. (2024). Dynamic interactions between GDP, renewable energy, innovation, and CO₂ emissions in Finland: A Fourier-augmented ARDL analysis. *Letters in Spatial and Resource Sciences*, 17(1), 27. DOI: 10.1007/s12076-024-00391-x
- Gogoi N., Hussain F. (2024). Investigating the environmental Kuznets curve hypothesis and pollution haven hypothesis in India: an ARDL approach. *International Journal of Sustainable Economy*, 16(1), 16–44. DOI: 10.1504/IJSE.2024.135199

- Goh S.K., Yong J.Y., Lau C.C., Tang T.C. (2017). Bootstrap ARDL on energy-growth relationship for 22 OECD countries. *Applied Economics Letters*, 24(20), 1464–1467. DOI: 10.1080/13504851.2017.1284980
- Golkhandan A. (2024). Asymmetric effect of unemployment on load capacity factor (LCF) in selected MENA countries: Analysis of the environmental Phillips curve (EPC) hypothesis. *New Economy and Trad*, 19(64), 133–173. DOI: 10.30465/jnet.2025.49103.2145
- Grossman G.M., Krueger A.B. (1991). Environmental impacts of a North American free trade agreement. *National Bureau of Economic Research*, w3914. DOI: 10.3386/w3914
- Hacııııamoğlu T. (2023). A new approach to sustainable development: Analysis of the environmental Phillips curve hypothesis. *Sosyoekonomi*, 31(56), 11–25. DOI: 10.17233/sosyoekonomi.2023.02.01
- Holtbrügge D., Raghavan N. (2025). Environmental effects of foreign direct investment in India: Pollution haven or pollution halo? Critical Perspectives on International Business. DOI: 10.1108/cpoib-06-2024-0064
- Horobet A., Belascu L., Radulescu M. et al. (2024). Exploring the nexus between greenhouse emissions, environmental degradation and green energy in Europe: A critique of the environmental Kuznets curve. *Energies*, 17(20), 5109. DOI: 10.3390/en17205109
- Kashem M.A., Rahman M.M. (2020). Environmental Phillips curve: OECD and Asian NICs perspective. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 31153–31170. DOI: 10.1007/s11356-020-08620-8
- Khalid W., Nawaz A., Gadou L.M.A., Khan S.U., Aybudak H.G. (2025). Examining short-run and long-run nexus between economic growth, financial development, energy consumption and environmental degradation: Empirical evidence for the Environmental Kuznets Curve Hypothesis in Egypt. *Asia-Pacific Journal of Regional Science*, 1–33. DOI: 10.1007/s41685-025-00371-z
- Kinnunen J., Georgescu I., Nica I. (2024). Evaluating the environmental Phillips Curve hypothesis in the STIRPAT framework for Finland. *Sustainability*, 16(11), 4381. DOI: 10.3390/su16114381
- Kolasa-Wiecek A., Steinberga I., Pilarska A.A., Suszanowicz D., Wzorek M. (2024). Study of the environmental Kuznets curve in the EU27 countries taking into account socio-economic factors and GHG and PM emissions. *Energies*, 18(1), 68. DOI: 10.3390/en18010068
- Koyuncu Çakmak T., Beşer M.K., Alola A.A. (2025). Environmental effect of high-, upper, and lower middle-income economies' energy mix: Is there a trade-off between unemployment and environmental quality? *Energy and Environment*, 36(2), 851–869. DOI: 10.1177/0958305X231187034
- Kumar N.N., Patel A. (2023). Modelling structural breaks in the tourism-led growth hypothesis. *Current Issues in Tourism*, 27(5), 701–709. DOI: 10.1080/13683500.2023.2245954
- Kumar P., Radulescu M., Sharma H., Belascu L., Serbu R. (2024). Pollution haven hypothesis and EKC dynamics: Moderating effect of FDI. A study in Shanghai Cooperation Organization countries. *Environmental Research Communications*, 6(11), 115032. DOI: 10.1088/2515-7620/ad9381
- Kuznets S. (1955). Economic growth and income inequality. *The American Economic Review*, 45(1), 1–28.
- Li H., Yang Z., Chen J. (2025). The impact of environmental pollution on China's economic growth from the perspective of health damage. *Frontiers in Public Health*, 13, 1562342. DOI: 10.3389/fpubh.2025.1562342
- Lin M.C., Wu C.F. (2022). Transportation, environmental degradation, and health dynamics in the United States and China: Evidence from bootstrap ARDL with a Fourier function. *Frontiers in Public Health*, 10, 907390. DOI: 10.3389/fpubh.2022.907390
- Magazzino C., Mele M., Drago C. et al. (2023). The trilemma among CO₂ emissions, energy use, and economic growth in Russia. *Scientific Reports*, 13(1), 10225. DOI: 10.1038/s41598-023-37251-5
- McNown R., Sam C.Y., Goh S.K. (2018). Bootstrapping the autoregressive distributed lag test for cointegration. *Applied Economics*, 50(13), 1509–1521. DOI: 10.1080/00036846.2017.1366643
- Menegaki A.N., Türel M., Soyulu Ö.B. (2025). The environmental impact of tourism in E7 economies: Testing the Environmental Kuznets Curve. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 20(1), 2479180. DOI: 10.1080/15567249.2025.2479180
- Mishra M., Das D., Laurinavicius A., Laurinavicius A., Chang B.H. (2025). Sectorial analysis of foreign direct investment and trade openness on carbon emissions: A threshold regression approach. *Journal of International Commerce, Economics and Policy*, 16(01), 2550003. DOI: 10.1142/S1793993325500036
- Murshed M. (2025). The relevance of scaling technological innovation finances for evading the carbon curse of mineral resources: Insights from Latin America and the Caribbean. *Mineral Economics*, 38(1), 159–175. DOI: 10.1007/s13563-024-00466-7

- Naqvi R.A., Almohsen B., Sohail A. (2025). Modeling the environmental Kuznets Curve: A stochastic approach using economic and climate data. *Journal of Environmental Management*, 373, 123108. DOI: 10.1016/j.jenvman.2024.123108
- Narayan P.K. (2005). The saving and investment nexus for China: Evidence from cointegration tests. *Applied Economics*, 37(17), 1979–1990. DOI: 10.1080/00036840500278103
- Nazir S. (2024). From curse to blessing: A Fourier-augmented ARDL analysis of agriculture, geopolitics, and trade in South and Central Asia. *Letters in Spatial and Resource Sciences*, 17(19). DOI: 10.1007/s12076-024-00384-w
- Nica I., Georgescu I., Kinnunen J. (2025). Economic growth, innovation, and CO₂ emissions: Analyzing the environmental Kuznets curve and the innovation Claudia curve in BRICS countries. *Sustainability*, 17, 3507. DOI: 10.3390/su17083507
- Niu T., Wang P. (2024). The karmic debt of pollution haven hypothesis: Subnational environmental regulatory pressure and foreign divestment from an emerging market. *Journal of International Marketing*, 32(2), 33–48. DOI: 10.1177/1069031X231196254
- Odei S.A., Dunyo S.K., Anderson H.J. (2025). Research and development, economic growth, CO₂ emissions and environmental Kuznets curve. *Sustainable Futures*, 9, 100541. DOI: 10.1016/j.sft.2025.100541
- Osuntuyi B.V., Lean H.H. (2023). Environmental degradation, economic growth, and energy consumption: The role of education. *Sustainable Development*, 31(2), 1166–1177. DOI: 10.1002/sd.2480
- Padhan L., Bhat S. (2024). Pollution haven or pollution halo in the context of emerging economies: A two-step system GMM approach. *Environment, Development and Sustainability*, 1–21. DOI: 10.1007/s10668-024-05616-z
- Pesaran M.H., Shin Y., Smith R.J. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), 289–326. Available at: <https://www.jstor.org/stable/2678547>
- Philbeck T., Davis N. (2018). The fourth industrial revolution. *Journal of International Affairs*, 72(1), 17–22.
- Porto N., Ciaschi M., Pitetti D., Camilletti C., Dal Bianco J. (2025). Tourism, exports, and the environmental Kuznets curve: New evidence from Latin America with implications for sustainable tourism. *Journal of Sustainable Tourism*, 1–21. DOI: 10.1080/09669582.2025.2484307
- Rabbi M.F., Abdullah M. (2024). Fossil fuel CO₂ emissions and economic growth in the Visegrád region: A study based on the environmental Kuznets curve hypothesis. *Climate*, 12(8), 115. DOI: 10.3390/cli12080115
- Rayhan I., Al Nahian M.A., Siddika A. (2020). Re-evaluating the environmental Kuznets curve and environmental Phillips curve in Bangladesh: An augmented ARDL bounds test approach with a structural break. *The Jahangirnagar Economic Review*, 31, 109–134.
- Sahin G., Naimoglu M., Kavaz I., Sahin A. (2025). Examining the environmental Phillips curve hypothesis in the ten most polluting emerging economies: Economic dynamics and sustainability. *Sustainability*, 17(3), 920. DOI: 10.3390/su17030920
- Sam C.Y., McNown R., Goh S.K. (2019). An augmented autoregressive distributed lag bounds test for cointegration. *Economic Modelling*, 80, 130–141. DOI: 10.1016/j.econmod.2018.11.001
- Shang L., Xu P. (2022). Can carbon emission regulation achieve a dual target of low carbon and employment? An empirical analysis based on China's provincial panel data. *Frontiers in Energy Research*, 10, 926443. DOI: 10.3389/fenrg.2022.926443
- Shastri S., Mohapatra G., Giri A.K. (2023). The Environmental Philips Curve from a gender perspective: Empirical evidence from India. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(7), 17487–17496. DOI: 10.1007/s11356-022-23336-7
- Smolovic S., Zivanovic S., Abramovic N., Zivanovic M. (2023). Management of sustainable development and environmental protection. *Agora International Journal of Economical Sciences*, 17(2), 142–157. DOI: 10.15837/ajjes.v17i2.6452%0A
- Soti N., Kumar A., Gupta S., Batra V. (2024). Divergence or convergence: Trade globalization, regulatory and environmental quality in QUAD countries – a robust ARDL and decoupling index inquiry. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 35(7), 1650–1670. DOI: 10.1108/MEQ-10-2023-0374
- Sreenu N. (2025). Analysing FDI inflow effects on CO₂ emissions: A comparative study of OECD and BRICS nations with PHH and PHE models. *International Journal of Energy Sector Management*, 19(1), 80–100. DOI: 10.1108/IJESM-02-2024-0006
- Syed Q.R., Apergis N., Goh S.K. (2023). The dynamic relationship between climate policy uncertainty and renewable energy in the US: Applying the novel Fourier augmented autoregressive distributed lags approach. *Energy*, 278, 127383. DOI: 10.1016/j.energy.2023.127383

- Tanveer A., Song H., Faheem M., Chaudhry I.S. (2022). Validation of environmental Philips curve in Pakistan: A fresh insight through ARDL technique. *Environmental Science and Pollution Research*, 1–18. DOI: 10.1007/s11356-021-17099-w
- Tariq S., Mehmood U., Ul Haq Z., Mariam A. (2022). Exploring the existence of environmental Philips curve in South Asian countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(23), 35396–35407. DOI: 10.1007/s11356-021-18099-6
- Wang Q., Li Y., Li R. (2024). Rethinking the environmental Kuznets curve hypothesis across 214 countries: The impacts of 12 economic, institutional, technological, resource, and social factors. *Humanities and Social Sciences Communications*, 11(1), 1–19. DOI: 10.1057/s41599-024-02736-9
- Winter J. (2024). A historical perspective review of the environmental pollution. *Science Insights*, 44(2), 1253–1261. DOI: 10.15354/si.24.re916
- Wu C.F., Chang T., Wu T.P. et al. (2022). Impact of globalization on the environment in major CO₂-emitting countries: Evidence using bootstrap ARDL with a Fourier function. *Frontiers in Public Health*, 10, 907403. DOI: 10.3389/fpubh.2022.907403
- Yavuz E., Kilic E., Caglar A.E. (2024). A new hypothesis for the unemployment-environment dilemma: Is the environmental Phillips curve valid in the framework of load capacity factor in Türkiye? *Environment, Development and Sustainability*, 26(11), 29475–29492. DOI: 10.1007/s10668-023-04258-x
- Yilanci V., Bozoklu S., Gorus M.S. (2020). Are BRICS countries pollution havens? Evidence from a bootstrap ARDL bounds testing approach with a Fourier function. *Sustainable Cities and Society*, 55, 102035. DOI: 10.1016/j.scs.2020.102035

Сведения об авторах

Фатих Акин — PhD, доцент кафедры, Эрзинджанский университет Бинали Йылдырым, Профессиональная школа Рефахие (Турция, 24300, г. Эрзинджан, Рефахие, Район Бинали Йылдырым, 522-я улица, д. 5; e-mail: fatih.akin@erzincan.edu.tr)

Фергюль Озгюн — PhD, доцент кафедры, Стамбульский университет Нового Века (Турция, 34010, г. Стамбул, р-н Зейтинбурну, ул. Maltepe Caddesi, Yılanlı Ayazma Yolu, д. 26; e-mail: fergul.ozgun@yeniyuzyil.edu.tr)

Akin F., Özgün F.

The Environmental Phillips Curve hypothesis for Russia: The Relationship between the Levels of Environmental Pollution and Unemployment

Abstract. The environmental Phillips curve hypothesis reveals a negative relationship between unemployment and environmental pollution. In this study, we examined whether the environmental Phillips curve hypothesis is valid for Russia. In the analysis covering the period 1992–2022, Fourier Augmented ARDL approach was applied. CO₂ emissions, which are used as an environmental pollution indicator, are the dependent variable of the model. The independent variables are the unemployment rate, economic growth, total energy supply and urbanization rate. According to the results of the analysis, there is a negative relationship between the unemployment rate and environmental pollution in Russia. This result demonstrates that the environmental Phillips curve hypothesis is valid in Russia. Moreover, it was found that the increase in economic growth reduces environmental pollution. The effects of the total energy supply and urbanization on environmental pollution are positive. However, the effect of the urbanization rate on environmental pollution is statistically insignificant. Russia should harmonize its employment policies and environmental policies with each other. The share of renewable energy use and total energy supply should be increased, and green job policies should be established. By increasing employment opportunities in sectors that use environmentally friendly technologies, Russia can reduce environmental pollution without suffering high unemployment rates.

Key words: Environmental Phillips curve, unemployment, pollution, Russia.

Information about the Authors

Fatih Akin – PhD, Assistant Professor, Erzincan Binali Yıldırım University, Refahiye Vocational School (522nd Street, building 5, Binali Yıldırım Neighborhood, Refahiye, Erzincan, 24300, Türkiye; e-mail: fatih.akin@erzincan.edu.tr)

Fergül Özgün – PhD, Assistant Professor, İstanbul Yeni Yüzyıl University (26, Maltepe Caddesi, Yılanlı Ayazma Yolu, Zeytinburnu, İstanbul, 34010, Türkiye; e-mail: fergul.ozgun@yeniyyuzyil.edu.tr)

Статья поступила 19.05.2025.