

# Экологическая кривая Кузнецца на примере сельского хозяйства Казахстана<sup>1</sup>

**А. Сурпкелова**

УДК 338.12; 631.15

DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2025-2-141-155

**Аннотация.** В статье изучается взаимосвязь между выбросами углекислого газа и экономическим ростом в Казахстане в период с 1992 по 2019 гг. Применяются модели авторегрессии с распределенным лагом с суммарными выбросами CO<sub>2</sub> в качестве переменной интереса, в качестве контрольных переменных в них включены экспорт и уровень сельскохозяйственного землепользования. Эмпирический анализ подтвердил, что на данный момент Казахстан находится на нисходящем участке экологической кривой Кузнецца. Это свидетельствует о положительном влиянии экономического роста на экологическую ситуацию в стране. Показано, что объемы экспорта не влияют на выбросы CO<sub>2</sub>, в отличие от сельскохозяйственного землепользования, которое способствует их увеличению. Приведен краткий обзор ситуации в Казахстане касательно внедрения ESG-практик, которые направлены на более эффективное ведение бизнеса и улучшение экологической ситуации в целом.

**Ключевые слова:** экологическая кривая Кузнецца; Казахстан; ESG-практики; модель авторегрессии; сельское хозяйство; ARDL; парниковые газы; углекислый газ

## Введение

Актуальность проблемы глобального изменения климата обусловлена наличием связанных с ним прямых и косвенных вызовов для мирового сообщества и не ослабевает со временем. Постепенное повышение средней температуры климата Земли способно вызывать глубокие изменения в ее экосистеме, привести к серьезным экологическим, социальным и экономическим последствиям. Научно доказанная взаимосвязь между экономической активностью, уровнем загрязнения окружающей среды и потеплением климата побуждает искать возможности для выработки политики устойчивого развития, способной минимизировать выбросы парниковых газов при поддержании экономического роста.

В период с 2011 по 2021 гг. средний рост мировой экономики<sup>2</sup> составил 2,71% (с учетом коронакризиса 2020 г.). К 2050 г., согласно прогнозам PWC, ее рост увеличится вдвое<sup>3</sup>. Чрезвычайно важно минимизировать сопутствующие

<sup>1</sup> Статья написана в рамках Государственного задания РАНХиГС.

<sup>2</sup> Macrotrends LLC. World GDP Growth Rate 1961–2023 Available at: <https://www.macrotrends.net/countries/WLD/world/gdp-growth-rate> (accessed: 14.03.2024).

<sup>3</sup> PWC IL. The World in 2050; the long view: how will the global economic order changed by 2050. Available at: <https://www.pwc.com/gx/en/research-insights/economy/the-world-in-2050.html> (accessed: 14.03.2024).

этому росту выбросы парниковых газов, которые считаются ключевым фактором глобального потепления и одной из основных угроз для устойчивого развития экономики в долгосрочной перспективе.

Принято считать, что среди всех парниковых газов наибольшее влияние на климат оказывает  $\text{CO}_2$ <sup>4</sup>. Хотя другие газы (метан, озон, оксид азота) обладают гораздо большим парниковым эффектом, поглощая в разы больше тепловой энергии, чем двуокись углерода, концентрация последнего в атмосфере намного выше, и остается он там намного дольше, потому в целом уровень загрязнения атмосферы принято определять по уровню выбросов  $\text{CO}_2$  или же в  $\text{CO}_2$ -экв.

По разным данным, на сельское хозяйство приходится от 21% до 37% всех выбросов углекислого газа [Roore, Nemecsek, 2018; Stripa et al., 2021]. Важно, что доля этого сектора постоянно растет под влиянием расширения площади пахотных земель, увеличения поголовья скота и сокращения площади природных экосистем, способных поглощать  $\text{CO}_2$ <sup>5</sup>. Из всех сельхозотраслей крупнейший источник прямых выбросов парниковых газов – животноводство, особенно разведение крупного рогатого скота.

Серьезное стимулирующее воздействие на увеличение выбросов углекислого газа оказывает международная торговля. Она не только приводит к интенсификации грузоперевозок с использованием транспортных средств, работающих на ископаемом топливе, но и стимулирует страны производить «излишки» товаров, предназначенных на экспорт, что требует значительных энергетических затрат. Если страна-экспортер относится к числу развивающихся, энергодефицитных экономик, она для наращивания экспорта вынуждена использовать наиболее доступные и дешёвые виды топлива, оставляющие большой «углеродный след».

В настоящее время в энергобалансе подавляющего большинства развивающихся и многих развитых экономик доминирует ископаемое топливо. Энергия угля и углеводородов обеспечивает их индустриальное развитие, процессы урбанизации, но приводит к увеличению выбросов парниковых газов [Mania, Rieber, 2019; Arminen, Menegaki, 2019; Ahmad, Khattak, 2020; Khan et al., 2020].

Казахстан является одной из крупнейших ресурсозависимых экономик мира. В 2023 г. его ВВП составил 38,5 млрд долл. США (по ППС), или 12 918,9 долл. на душу населения<sup>6</sup>. В мировом разделении труда страна специализируется на экспорте энергоресурсов, некоторых руд и металлов и сельхозпродукции. Это делает страну важным объектом исследования в контексте динамики выбросов  $\text{CO}_2$  и возможностей перехода к устойчивому развитию. Для того чтобы

---

<sup>4</sup> Government of Canada. Greenhouse gas emissions: quantification guidance. Available at: <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/climate-change/greenhouse-gas-emissions/quantification-guidance/global-warming-potentials.html> (accessed: 14.03.2024).

<sup>5</sup> ВШЭ (2018). Сельское хозяйство и сокращение выбросов парниковых газов [Эл. ресурс]. URL: <https://globalcentre.hse.ru/news/222361998.html> (дата обращения: 14.03.2024).

<sup>6</sup> The World Bank. GDP per capita (current US\$). Available at: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD> (дата обращения: 24.12.2024).

определить созависимость динамики роста Казахстана и его вклада в глобальные выбросы CO<sub>2</sub>, нами была построена экологическая кривая Кузнеца.

### **Экономическое развитие Казахстана и экологическая кривая Кузнеца: структурный анализ выбросов CO<sub>2</sub>**

По данным EDGAR на 2019 г., Казахстан занимает 25-е место по выбросам углекислого газа в мире. В частности, на его долю приходится 0,73% от мирового уровня загрязнения<sup>7</sup>. Это выше, чем его доля в мировом ВВП (0,39)<sup>8</sup>. Исходя из этого представляется важным применение концепции экологической кривой Кузнеца для описания процессов, происходящих в период становления и развития стабильной экономики Казахстана. Кроме прочего, понимание того, насколько реальные результаты экономической политики страны соответствуют современным мировым трендам по снижению негативного воздействия на окружающую среду и переходу к принципам устойчивого развития, важно для оценки дальнейших перспектив его экспорта.

Гипотеза американского экономиста Саймона Кузнеца, сформулированная в 1955 г., изначально демонстрировала взаимосвязь между экономическим развитием и распределением доходов. По мнению исследователя, на ранних этапах развития экономики доходы распределяются крайне неравномерно, их дифференциация нарастает, но затем наступает некий перелом, когда после достижения определенного уровня благосостояния общества доходное неравенство начинает снижаться. Эта взаимосвязь отражается графически в виде перевернутой U-образной кривой, которая получила название Кривая Кузнеца.

В начале 1990-х гг. Дж. Гроссман и А. Крюгер перенесли эту концепцию на экологическую сферу. Они обнаружили, что кривая Кузнеца прекрасно описывает взаимозависимость между загрязнением окружающей среды и экономическим ростом [Grossman, Krueger, 1991]. С тех пор график получил название экологической кривой Кузнеца (ЭКК).

Суть обновленной концепции ЭКК состоит в том, что на начальной стадии промышленного развития стремление к получению прибыли перевешивает озабоченность экологическими проблемами, однако по мере увеличения дохода и роста благосостояния повышаются требования общества к качеству окружающей среды, в результате чего увеличиваются инвестиции в очистку загрязнений и другие меры по сохранению окружающей среды [Михалищев, Раскина, 2015].

Таким образом, на определенном этапе развития экономической рост может способствовать улучшению качества окружающей среды. Действительно, имеется множество исследований, подтверждающих эту теорию. В то же время немало и таких, которые не нашли ее эмпирического подтверждения.

---

<sup>7</sup> European Commission. Fossil CO<sub>2</sub> emissions by country. Available at: [https://edgar.jrc.ec.europa.eu/report\\_2020?vis=tot#emissions\\_table](https://edgar.jrc.ec.europa.eu/report_2020?vis=tot#emissions_table) (accessed: 14.03.2024).

<sup>8</sup> Gross domestic product 2023, PPP (англ.). The World Bank (01.07.2024).

В таблице 1 представлены данные по некоторым исследованиям, проведенным для разных групп стран, по разным методикам и с различными результатами.

**Таблица 1. Обзор литературы по исследованиям экологической кривой Кузнецца**

Статья	Рассматриваемые страны	Рассматриваемый временной период	Методология	Используемые переменные	Подтверждение гипотезы ЭКК
[Acaravci, Ozturk, 2010]	19 европейских стран	1960–2005	ARDL	CO <sub>2</sub> emissions, energy use, GDP	-
[Ahmed, Long, 2012]	Пакистан	1971–2008	ARDL	CO <sub>2</sub> emissions, energy use, GDP, trade	+
[Shahbaz et al., 2012]	Пакистан	1971–2009	Cointegration, Granger causality	CO <sub>2</sub> emissions, GDP, trade	+
[Apergis, 2016]	14 азиатских стран	1990–2011	GMM	CO <sub>2</sub> emissions, GDP, Land	+
[Rafindadi, 2016]	Япония	1961–2012	ARDL	Energy Use, CO <sub>2</sub> emissions, GDP	+
[Balsalobre-Lorente et al., 2018]	5 стран Европейского союза	1985–2016	Panel least square	CO <sub>2</sub> emissions, GDP, trade, electricity	-
[Alam et al., 2016]	Бразилия, Китай, Индия, Индонезия	1970–2012	ARDL	CO <sub>2</sub> emissions, GDP, energy consumption	Нет однозначной оценки

Исследования экологической кривой Кузнецца (ЭКК) используют различные методологии для оценки связи между экономическим ростом и выбросами CO<sub>2</sub>. Основные подходы следующие:

- ARDL (Auto-Regressive Distributed Lag Model) – позволяет анализировать краткосрочные и долгосрочные взаимосвязи между переменными [Acaravci & Ozturk, 2010; Ahmed & Long, 2012; Rafindadi, 2016; Alam et al., 2016];
- Cointegration & Granger causality – используются для выявления направленности причинно-следственных связей между экономическим ростом и выбросами (Shahbaz et al., 2012);
- GMM (Generalized Method of Moments) – применяется в панельных исследованиях, учитывает эндогенность и возможные нелинейные зависимости [Apergis, 2016];
- Panel Least Squares (PLS) – используется в многомерных панельных данных для оценки средних тенденций [Balsalobre-Lorente et al., 2018].

Несмотря на теоретическую привлекательность гипотезы ЭКК, её эмпирическое подтверждение варьируется в зависимости от страны, методологии исследования и анализируемого временного периода. В некоторых случаях

классическая U-образная зависимость не наблюдается, а вместо неё выявляются иные траектории динамики выбросов.

1. N-образная форма зависимости. В ряде исследований отмечается, что после начального снижения выбросов на более высоких уровнях дохода загрязнение вновь начинает расти, что может быть связано с увеличением потребления энергии и новых промышленных процессов, возникающих по мере экономического роста.

2. Отсутствие чёткого переломного момента. Для некоторых стран характерно продолжительное увеличение выбросов без очевидного перехода к стадии их снижения. Это может свидетельствовать о том, что экономика ещё не достигла уровня развития, при котором экологическая политика и технологические инновации способны компенсировать рост загрязнения. В частности, такая ситуация наблюдается в странах с высокой зависимостью от добывающих и энергоёмких отраслей.

3. Влияние институциональных и внешнеэкономических факторов. Жёсткость экологической политики, международные обязательства и уровень технологического развития могут существенно изменять форму зависимости между экономическим ростом и выбросами. Например, некоторые страны Европейского союза демонстрируют снижение выбросов даже на относительно низком уровне ВВП благодаря строгим экологическим стандартам и механизмам регулирования выбросов парниковых газов.

Таким образом, результаты эмпирических исследований показывают, что гипотеза ЭКК подтверждается не во всех случаях, а её форма и проявление зависят от экономической структуры страны, её политики и технологического прогресса.

В данной работе впервые будет построена ЭКК для Казахстана. На 2019 г., согласно данным Европейской экономической комиссии ООН, Казахстан занимал четвертое место в мире по уровню выбросов углекислого газа на единицу ВВП<sup>9</sup> (14,9 т CO<sub>2</sub> на душу населения<sup>10</sup>). Мы намерены *проанализировать взаимосвязь уровня выбросов углекислого газа и экономического роста (динамики ВВП) Казахстана*, кроме того, учитываются такие *контрольные переменные, как объем экспорта и уровень сельскохозяйственного использования земли*.

Выбор в качестве одной из контрольных переменных показателя объемов экспорта обусловлен его комплексным воздействием на уровень выбросов. Последний зависит не только от расширения производства экспортируемой продукции, но и от структуры энергопотребления и уровня технологического развития [Liu et al., 2018; Shahzad et al., 2020]. Так, в структуре экспорта Казахстана более 50% приходится на нефть и нефтепродукты, около 10% – руды и концентраты

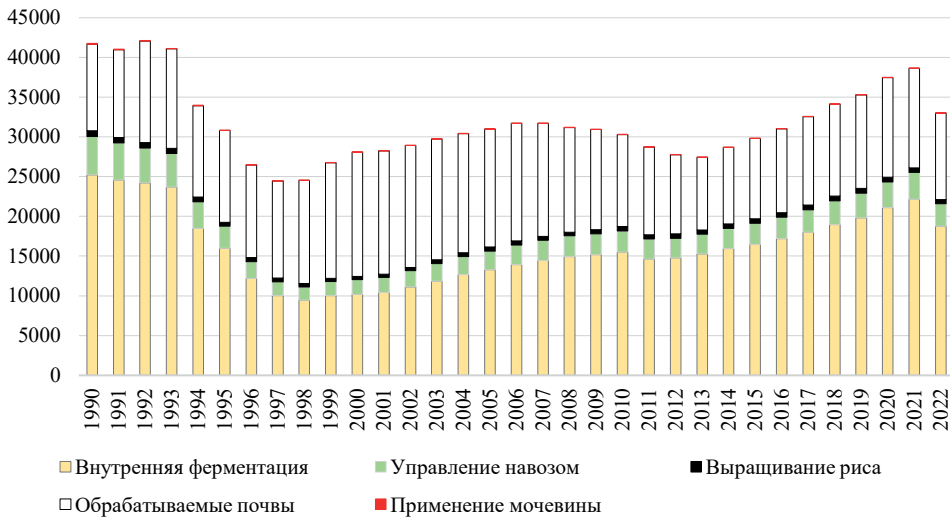
---

<sup>9</sup> United Nations Economic Commission for Europe. Carbon dioxide emissions per unit of GDP, kg of CO<sub>2</sub> per constant 2010 USD. Available at: <https://w3.unece.org/SDG/en/Indicator?id=28> (accessed: 14.03.2024).

<sup>10</sup> European Commission. Fossil CO<sub>2</sub> emissions by country. Available at: [https://edgar.jrc.ec.europa.eu/report\\_2020?vis=tot#emissions\\_table](https://edgar.jrc.ec.europa.eu/report_2020?vis=tot#emissions_table) (accessed: 14.03.2024).

меди, а также сплавы из нее, примерно 5% – химические элементы, радиоактивные изотопы, столько же ферросплавы<sup>11</sup>. Это все довольно энергоемкие товары.

Вторая переменная, для которой оценивается влияние на уровень выбросов CO<sub>2</sub> в данной работе – уровень сельскохозяйственного использования земли. Этот термин характеризует процессы, связанные с расширением пахотных земель, увеличением пастбищ и интенсивностью сельскохозяйственного производства. Влияние этого показателя на выбросы CO<sub>2</sub> двоякое – во-первых, расширение сельхозугодий часто сопровождается вырубкой лесов, что сокращает природные механизмы поглощения углекислого газа. Во-вторых, сама по себе аграрная деятельность способствует высвобождению углерода в атмосферу (рис. 1).



**Источник.** Бюро национальной статистики. <https://stat.gov.kz/ru/industries/economy/foreign-market/publications/123068/>

Рис. 1. Эмиссия парниковых газов от деятельности в секторе «Сельское хозяйство» за 1990–2022 гг., CO<sub>2</sub>-экв, млн т

В Казахстане около 75% территории пригодны для сельскохозяйственной деятельности<sup>12</sup>, однако ограниченность водных ресурсов на большей ее части требует проведения ирригационных мероприятий, что также способствует росту энергопотребления. В 2019 г. объем валовой продукции сельского хозяйства Казахстана составил 5,2 трлн тенге. При этом экспорт агропромышленной продукции достиг 3,3 млрд долл. (1,26 трлн тенге по среднегодовому курсу),

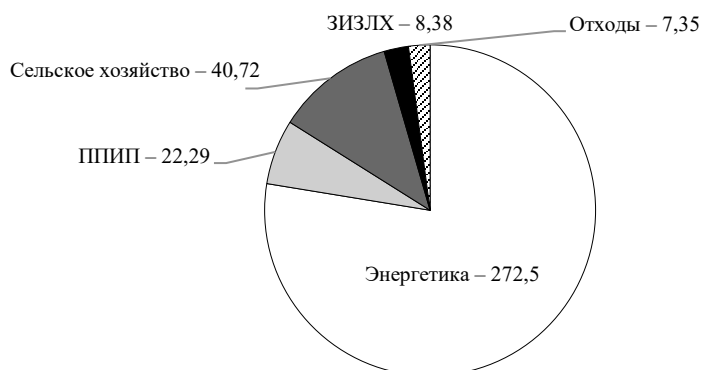
<sup>11</sup> Бюро национальной статистики. <https://stat.gov.kz/ru/industries/economy/foreign-market/publications/123068/>

<sup>12</sup> International Trade Administration. Kazakhstan – Agricultural Sector. Available at: <https://www.trade.gov/country-commercial-guides/kazakhstan-agricultural-sector> (accessed: 14.03.2024).

## Экологическая кривая Кузнеца на примере сельского хозяйства Казахстана

т.е. почти четверть (24,2%) ее идет на экспорт. В основном это пшеница и мука<sup>13</sup>. Значительную долю в валовом выпуске агрокомплекса занимает продукция скотоводства<sup>14</sup>.

Отраслевая структура выбросов углекислого газа в Казахстане в 2020 г. представлена на рисунке 2. Вклад сельского хозяйства составил 11,59%, тогда как 77,58% пришлось на энергетический сектор.



**Примечание.** ППИП – промышленные процессы и использование продукции.

ЗИЗЛХ – землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство.

Данные приведены за 2020 г. для иллюстрации отраслевой структуры выбросов, тогда как эмпирический анализ основан на данных до 2019 г., чтобы исключить искажения, связанные с пандемией COVID-19. Сравнение с доступными данными за 2019 г. показывает близость структуры выбросов к значениям 2020 г., что подтверждает ее относительную стабильность в этот период.

**Источник.** Указ Президента Республики Казахстан от 2 февраля 2023 г. № 121 «Об утверждении Стратегии достижения углеродной нейтральности Республики Казахстан до 2060 года»

*Рис. 2. Объемы выбросов парникового газа в Казахстане в разбивке по секторам МГЭИК в 2020 г., млн т CO<sub>2</sub>-экв.*

Экспорт в данной схеме не выделен как отдельный сектор, поскольку его влияние на выбросы CO<sub>2</sub> распределено между несколькими категориями МГЭИК<sup>15</sup>. Основная часть выбросов, связанных с экспортом энергоресурсов (нефть, уголь, газ), относится к энергетическому сектору, так как они возникают на стадиях добычи, переработки и транспортировки ископаемого топлива. Например, летучие выбросы при добыче угля или нефти, составляющие значительную долю экспорта Казахстана, учитываются в энергетике. В то же время производство

<sup>13</sup> Trend Economy. Казахстан / Импорт и Экспорт [Эл. ресурс]. URL: <https://trendeconomy.ru/data/h2/Kazakhstan/TOTAL#:~:text=Структура%20экспорт%20из%20Казахстан%20в,26%20%2D%20Руды%2C%20шлак%20и%20зола> (дата обращения: 14.03.2024).

<sup>14</sup> АПК Казахстана: Quo Vadis? 24 марта 2020 г. URL: <https://eldala.kz/specproekty/192-ark-kazahstana-quo-vadis>

<sup>15</sup> МГЭК – межправительственная группа экспертов по изменению климата.

экспортных товаров, таких как металлы или химические продукты, вносит вклад в выбросы сектора «Промышленные процессы и использование продукции». Таким образом, экспорт затрагивает как энергетику, так и ППИП, но в модели он рассматривается как контрольная переменная, отражающая общий экономический эффект, а не прямой источник выбросов.

Сельское хозяйство в Казахстане вносит вклад в выбросы CO<sub>2</sub> не только через неэнергетические процессы, такие как животноводство или землепользование, но и через энергетическую составляющую. Сжигание топлива для отопления коровников, работы сельхозтехники и ирригационных систем учитываются в подсекторе «Сельское, лесное, рыбное хозяйство» в рамках энергетического сектора МГЭИК. Однако в общем объеме выбросов эта доля мала (около 0,8% от национальных нетто-эмиссий в 2020 г.) по сравнению с неэнергетическими выбросами, такими как метан от животноводства. Выбросы от отопления домов работников личных подсобных хозяйств формально относятся к сектору «Здания», но их доля незначительна и в данном исследовании не выделяется отдельно.

Энергетический сектор, несмотря на его доминирующую долю в выбросах ПГ (77,58% в 2020 г.), нами не выделяется как отдельная независимая переменная, поскольку исследование фокусируется на общей динамике выбросов CO<sub>2</sub> в зависимости от экономического роста. Аналогично энергопотребление экспортоориентированных отраслей и агропромышленного комплекса не рассматривается как самостоятельный фактор. Их влияние учтено косвенно через общие выбросы CO<sub>2</sub>, которые включают вклад этих секторов, зависящих от энергетики. Например, производство нефти и металлов для экспорта или использование топлива в сельском хозяйстве отражено в суммарной статистике выбросов, используемой в регрессиях. Такой подход позволяет сосредоточиться на общей зависимости выбросов от экономического роста, избегая отдельного учета энергопотребления, который мог бы усложнить интерпретацию результатов, и направлен на проверку гипотезы ЭКК в общем экономическом контексте, а не на детальный секторальный анализ.

Таким образом, выбор контрольных переменных – экспорта и сельскохозяйственного землепользования – обусловлен их косвенным воздействием на объемы выбросов парниковых газов через особенности экономического развития Казахстана. Эти переменные отражают как масштабы производства, так и специфику энергопотребления, что обеспечивает более полную оценку влияния различных отраслей на экологическую ситуацию.

Данные, используемые в исследовании, охватывают период до 2019 г., поскольку последующие показатели были существенно искажены влиянием пандемии COVID-19, кроме того, в восстановительный после пандемийного кризиса период из-за геополитических изменений и перенаправления международных товарных потоков изменился характер экспорта Казахстана. Таким образом, в исследовании мы сфокусировались на долгосрочных трендах, сформированных с 1992 по 2019 гг.

## Данные и эмпирическая стратегия

Основные эмпирические данные: показатели ВВП на душу населения Казахстана (долл. США за 2015 г.)<sup>16</sup>; суммарные выбросы CO<sub>2</sub> в расчете на душу населения (м<sup>3</sup>)<sup>17</sup> – были получены из статистических материалов ФАО. В дополнение были использованы данные Всемирного банка<sup>18</sup> по сельскохозяйственному землепользованию (ALU), которые представляют из себя долю пахотных земель, занятых постоянными пастбищами и сельхозкультурами, а также информация по объемам экспорта (EXP) (% от ВВП) из статистического бюро Trading Economics<sup>19</sup>. Итоговая база данных содержит информацию по всем перечисленным переменным за исследуемый период с 1992 по 2019 гг.

Для построения экологической кривой Кузнеця для выбросов CO<sub>2</sub> были рассмотрены несколько моделей линейной регрессии:

1) простая полиномиальная:

$$CO_{2t} = \beta_0 + \beta_1 GDP_t + \beta_2 GDP_t^2 + \varepsilon_t;$$

2) полиномиальная с добавлением контрольных переменных:

$$CO_{2t} = \beta_0 + \beta_1 GDP_t + \beta_2 GDP_t^2 + \beta_3 EXP_t + \beta_4 ALU_t + \varepsilon_t;$$

Здесь и далее в уравнениях индекс «t» показывает значение переменной в конкретный год в рамках временной выборки;

3) модель с распределенным лагом (ARDL) на основе (2) в соответствии с распространенным подходом в исследованиях ЭКК отдельных стран и регионов.

Выбор переменных, для которых берутся лаги, был проведен с помощью теста на причинность по Грейнджеру. Для определения наличия серийной автокорреляции в данных был использован тест Бройша – Годфри, нулевая гипотеза которого была отвергнута на 5%-м уровне значимости. В итоговой модели были использованы лаги, не превосходящие квадратной степени, поскольку более высокие степени могут привести к нехватке данных для интерпретации результатов регрессий. В качестве критерия информативности был взят Байесовский информационный критерий (BIC), хотя информационный критерий Акаике (AIC) указывает на ту же структуру лагов. Полученная структура лагов – ADL с лагом на CO<sub>2</sub>, ВВП и ВВП в квадрате:

$$CO_{2t} = \beta_0 + \beta_1 GDP_t + \beta_2 GDP_t^2 + \beta_3 EXP_t + \beta_4 ALU_t + \\ + \alpha_0 CO_{2,t-1} + \alpha_1 GDP_{t-1} + \alpha_2 GDP_{t-1}^2 + \varepsilon_t$$

<sup>16</sup> Food and Agricultural Organization of the United Nations. Macro Indicators. Available at: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/MK> (accessed: 14.03.2024).

<sup>17</sup> Food and Agricultural Organization of the United Nations. Emissions totals. Available at: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/GT> (accessed: 14.03.2024).

<sup>18</sup> The World Bank Group. Agricultural land (% of land area) – Kazakhstan. Available at: <https://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.AGRI.ZS?locations=KZ> (accessed: 14.03.2024).

<sup>19</sup> Trading Economics. Kazakhstan Exports Available at: <https://tradingeconomics.com/kazakhstan/exports> (accessed: 14.03.2024).

## Результаты

Результаты оценок регрессий  $CO_2$  приведены в таблице 2. Спецификации моделей (1) и (2) подтверждают взаимосвязь данных согласно теории ЭКК, поскольку коэффициент при  $GDP_t$  оказывается положительным, а при  $GDP_t^2$  – отрицательным. Для спецификации (3) знаки коэффициентов при двух переменных меняют знак, однако долгосрочный эффект, определяемый как сумма при коэффициенте и его лагах, показывает, что при увеличении ВВП на душу населения, сохранится квадратичная зависимость, аналогичная той, что была выявлена для (1) и (2). Результат теста Бройша – Годфри имеет р-значение, равное 0,0594, что не позволяет отвергнуть гипотезу об отсутствии серийной автокорреляции на 5%-м уровне (она отвергается на 10%-м уровне).

Таблица 2. Спецификации для  $CO_2$ . В качестве обозначений для уровней значимости: \* - 10%, \*\* - 5%, \* - < 1%

Зависимая переменная: $CO2_t$			
Specification:	(1)	(2)	(3)
Константа	3,5 (3,831)	-53,03*** (7,998)	-4,008 (15,12)
$GDP_t$	0,002* (1,17e-3)	0,007*** (1,148e-3)	-0,007 (4,095e-3)
$GDP_t^2$	-1,101e-7 (7,934e-8)	-3,737e-7*** (7,496e-8)	4,428e-7* (2,351e-7)
$EXP_t$		0,03 (0,029)	4,014e-2 (3,443e-02)
$ALU_t$		3,384*** (0,455)	0,037 (1,008)
$CO_{2,t-1}$			0,37** (0,146)
$GDP_{t-1}$			9,578e-3** (3,595e-3)
$GDP_{t-1}^2$			-6,044e-7** (2,138e-7)
F-статистика (р-значение)	5,353 (0,012)	25,57 (3,552e-08)	28,04 (9,957e-09)
Скорректированный $R^2$	0,2438	0,7845	0,8792

При графическом построении экологической кривой Кузнеца для иллюстрации выявленных эмпирических зависимостей между выбросами  $CO_2$  и душевым ВВП, в силу незначимости коэффициентов в спецификациях (1), мы «очистили» величину выбросов от влияния контрольных переменных и сделали поправку на смещение от их отсутствия (*omitted variable bias*).

В частности, для построения графика по  $CO_2$  координаты точек будут иметь следующий вид:

$$(GDP_t; CO_{2,t} - \beta_3 EXP_t - \beta_4 ALU_t).$$

Тогда как функциональная зависимость оцененной регрессии:

$$CO_{2,t} - \beta_3 EXP_t - \beta_4 ALU_t = \beta_0 + \beta_1 GDP_t + \beta_2 GDP_t^2.$$

По этой причине, в частности, «очищенное» значение  $CO_2$  может принимать отрицательные значения. График ЭКК для выбросов  $CO_2$  в Казахстане представлен на рисунке 3.

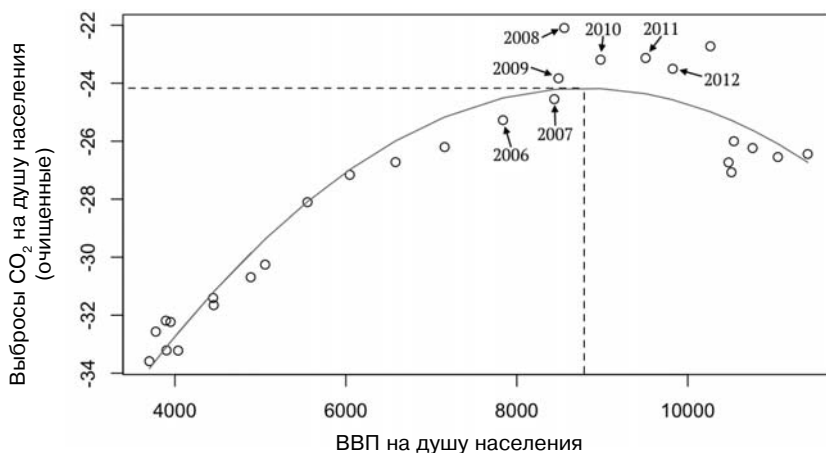


Рис. 3. Вид экологической кривой Кузнецца для выбросов CO<sub>2</sub> в Казахстане в 1991–2019 гг.

В качестве эмпирической оценки была взята спецификация (2). Вершина данной параболы имеет абсциссу, примерно равную 8787,8 долл. США, и приходится на 2010 г.

### Обсуждение

График демонстрирует типичную форму экологической кривой Кузнецца, которая характеризуется U-образной зависимостью между уровнем дохода и объемом загрязнения окружающей среды.

Особенно интересным является разворот кривой, произошедший в 2009–2010 гг. В этот период наблюдается снижение выбросов CO<sub>2</sub> при продолжающемся росте ВВП на душу населения. Это может быть связано со следующими факторами:

- глобальный экономический кризис 2008 г.: мировой финансовый кризис мог привести к сокращению объемов производства и потребления энергии в Казахстане, что, в свою очередь, вызвало снижение выбросов CO<sub>2</sub>;

- принятие в 2010 г. государственной программы «Жасыл даму» на 2010–2014 гг., направленной на развитие «зеленой экономики», снижение антропогенного воздействия на компоненты окружающей среды и здоровья. Мероприятия программы могли способствовать снижению энергоёмкости экономики и, как следствие, уменьшению выбросов углекислого газа;

- реализация экологических инициатив: в последние годы в Казахстане усилилось внимание к проблемам экологии. Были приняты отраслевые и корпоративные экологические программы, направленные на повышение энергоэффективности, развитие возобновляемых источников энергии и снижение выбросов парниковых газов;

- ратификация Киотского протокола 26 марта 2009 г. Этот шаг стал важным сигналом о готовности Казахстана к международному сотрудничеству в области

борьбы с глобальным изменением климата и мог способствовать активизации усилий по снижению выбросов парниковых газов, включая CO<sub>2</sub>, и стимулировать внедрение более экологически чистых технологий, в том числе в рамках отмеченных выше инициатив.

В целом же результаты исследования подтверждают важность учета сельскохозяйственного землепользования при анализе динамики выбросов CO<sub>2</sub> в Казахстане, тогда как роль экспорта в этом контексте оказывается менее значимой.

## **Заключение**

Результатом данного исследования стало построение экологической кривой Кузнецца для Казахстана, иллюстрирующей созависимость уровня выбросов углекислого газа и душевого ВВП. В качестве контрольных переменных в модель были включены показатели объема экспорта и сельскохозяйственного землепользования. За основу взята методология ARDL, использованы эмпирические данные ведущих международных агентств по Казахстану за период с 1992 по 2019 гг.

Согласно результатам расчетов, Казахстан находится на нисходящей части инвертированной параболы ЭКК, т.е. начиная с 2010 г. экономический рост в Казахстане уже не ухудшает экологическую ситуацию в стране, а, наоборот, способствует её улучшению. Это подтверждает последние исследования ученых в сфере устойчивого развития об отсутствии линейной зависимости влияния экономического роста на увеличение экологической нагрузки на окружающую среду в долгосрочной перспективе в рамках теории экологической кривой Кузнецца. Для выбросов CO<sub>2</sub> поворотной точкой для Казахстана стала отметка в 8787,8 долл. США на душу населения.

«Поведение» контрольных переменных в математической модели, в целом, согласуется с нашими ожиданиями. Так, экспорт не имел статистической значимости для выбросов CO<sub>2</sub> предположительно по той причине, что львиную долю в нем занимают нефть и нефтепродукты, производство которых само по себе не приводит к росту выбросов, а сельскохозяйственная продукция не является определяющей в структуре экспорта страны<sup>20</sup>.

Изучение связей между экономической деятельностью и уровнем загрязнения окружающей среды чрезвычайно актуально для выработки политики устойчивого развития, предполагающего минимизацию экологического ущерба (в частности – объема выбросов парниковых газов) при одновременном поддержании экономического роста. Помимо смягчения последствий глобального потепления и обеспечения качества жизни будущих поколений, это важно с точки зрения сокращения политико-экономических рисков, поскольку активно продвигаемая развитыми

---

<sup>20</sup> International Trade Administration. Kazakhstan – Market Overview. Available at: [https://www.trade.gov/country-commercial-guides/kazakhstan-market-overview#:~: text=In%20addition%20to%20oil%2C%20its,as%20its%20main%20export%20destinations](https://www.trade.gov/country-commercial-guides/kazakhstan-market-overview#:~:text=In%20addition%20to%20oil%2C%20its,as%20its%20main%20export%20destinations) (accessed: 14.03.2024).

странами во всем мире ESG-повестка предполагает экспортные ограничения для товаров и услуг с высоким «углеродным следом».

Разработаны международные рекомендации, стандарты и специальные инструменты, направленные на улучшение экологической эффективности как отдельных компаний, так и целых секторов экономики. В феврале 2023 г. в Казахстане также утверждена «Стратегия достижения углеродной нейтральности до 2060 года»<sup>21</sup>. Однако, безусловно, природоохранная деятельность, в стране велась задолго до этого события, в том числе – в русле мировой ESG-повестки.

Так, в 2019 г. копания PWC впервые составила Казахстанский национальный рейтинг (top-50) компаний по уровню раскрытия ESG-информации. Важным институтом, продвигающим принципы устойчивого развития, является «Национальный ESG-клуб», где участники – крупные компании обмениваются своим опытом и наработками в этой сфере<sup>22</sup>.

Дальнейшие исследования по теме ЭКК в ЕАЭС могут быть сфокусированы на оценке уровня выбросов в различных секторах хозяйственной деятельности. Например, в промышленности, где сосредоточено большое количество выбросов CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O и других газов. Кроме того, имеет смысл включить в модель переменные, содержащие уровень осадков или температур, так как повышенное содержание парниковых газов приводит к различным климатическим изменениям, что не может не влиять на экономику. Наконец, можно проанализировать ситуацию в различных регионах Казахстана по причине масштаба территории страны и большого различия видов деятельности в разных областях.

## Литература/ References

- Михалищев С.Г., Раскина Ю.В. Экологическая кривая Кузнеця: случай России. Европейский университет в Санкт-Петербурге, Факультет экономики. Препринт Ec-03/15, 2015. 34 с. [Эл. ресурс]. URL: [https://eusp.org/sites/default/files/archive/ec\\_dep/wp/Ec-03\\_15.pdf](https://eusp.org/sites/default/files/archive/ec_dep/wp/Ec-03_15.pdf) (дата обращения: 14.03.2024).
- Mikhailishchev, S.G., Raskina, Yu.V. (2015). Environmental Kuznets Curve: The Case of Russia. European University at St. Petersburg, Department of Economics. Working Paper Ec-03/15, 34 p. (In Russ.). Available at: [https://eusp.org/sites/default/files/archive/ec\\_dep/wp/Ec-03\\_15.pdf](https://eusp.org/sites/default/files/archive/ec_dep/wp/Ec-03_15.pdf) (accessed: 14.11.2023).
- Acaravci, A., Ozturk, I. (2010). On the relationship between energy consumption, CO2 emissions and economic growth in Europe. *Energy*. Vol. 35. No. 12. Pp. 5412–5420. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544210003737?via%3Dihub> (accessed: 14.11.2023).

---

<sup>21</sup> Стратегия достижения углеродной нейтральности Республики Казахстан до 2060 года. Утв. указом Президента РК от 2 февр. 2023 №121.

<sup>22</sup> Как казахстанские компании внедряют в работу ESG-стратегии / Журнал Forbes Kazakhstan [Эл. ресурс]. URL: [https://forbes.kz/economy/kak\\_kazahstanskije\\_kompanii\\_vnedryayut\\_v\\_rabotu\\_esg-strategii/](https://forbes.kz/economy/kak_kazahstanskije_kompanii_vnedryayut_v_rabotu_esg-strategii/) (дата обращения: 14.03.2024).

- Ahmad, M., Khattak, S.I. (2020). Is Aggregate Domestic Consumption Spending (ADCS) Per Capita Determining CO<sub>2</sub> Emissions in South Africa? A New Perspective. *Environmental and Resource Economics*. Vol. 75. No. 3. Pp. 529–555. DOI:10.1007/s10640-019-00398-9
- Ahmed, K., Long, W. (2012). *Environmental Kuznets curve and Pakistan: An empirical analysis*. Procedia Economics and Finance. Vol. 1. Pp. 4–13. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212567112000032?via%3Dihub> (accessed: 14.11.2023).
- Alam, M.M., Murad, M.W., Noman, A.H.M., Ozturk, I. (2016). Relationships among carbon emissions, economic growth, energy consumption and population growth: Testing environmental Kuznets curve hypothesis for Brazil, China, India and Indonesia. *Ecological Indicators*. Vol. 70. Pp. 466–479. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1470160X16303685?via%3Dihub> (accessed: 14.11.2023).
- Apergis, N. (2016). Environmental Kuznets curves: New evidence on both panel and country-level CO<sub>2</sub> emissions. *Energy Economics*. Vol. 54. Pp. 263–271. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S014098831500359X?via%3Dihub> (accessed: 14.11.2023).
- Arminen, H., Menegaki, A.N. (2019). Corruption, climate and the energy-environment-growth Nexus. *Energy Economics*. *Energy Economics*. Vol. 80. DOI:10.1016/j.eneco.2019.02.009
- Balsalobre-Lorente, D., Shahbaz, M., Roubaud, D., Farhani, S. (2018). How economic growth, renewable electricity and natural resources contribute to CO<sub>2</sub> emissions? *Energy Policy*. Vol. 113. Pp. 356–367. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301421517307255?via%3Dihub> (accessed: 14.11.2023).
- Crippa, M., Solazzo, E., Guizzardi, D., Moforti-Ferrario, F., Tubiello, F.N., Leip, A. (2021). Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions. *Nature Food*. Vol. 2. Pp. 198–209. Available at: <https://www.nature.com/articles/s43016-021-00225-9> (accessed: 14.03.2024).
- Grossman, G., Krueger, A. (1991). Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement. *National Bureau of Economics Research Working Paper*, No. 3194. NBER, Cambridge. DOI: <https://doi.org/10.3386/w3914>
- Khan, M.K., Khan, M.I., Rehan, M. (2020). The relationship between energy consumption, economic growth and carbon dioxide emissions in Pakistan. *Financial Innovation*. Vol. 6. No. 1. Pp. 1–13. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/338450301\\_The\\_relationship\\_between\\_energy\\_consumption\\_economic\\_growth\\_and\\_carbon\\_dioxide\\_emissions\\_in\\_Pakistan](https://www.researchgate.net/publication/338450301_The_relationship_between_energy_consumption_economic_growth_and_carbon_dioxide_emissions_in_Pakistan) (accessed: 14.03.2024).
- Liu, H., Kim, H., Liang, S., Kwon, O.-S. (2018). Export Diversification and Ecological Footprint: A Comparative Study on EKC Theory among Korea, Japan, and China. *Sustainability*. Vol. 10. No. 10. DOI:10.3390/su10103657
- Mania, E., Rieber, A. (2019). Product export diversification and sustainable economic growth in developing countries. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 51. Pp. 138–151. Available at: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0954349X19300220?casa\\_token=s6alAxuH3KwAAAAA:tNiLiWESwQx1gzoA2dLbqxFz6N2LnJvzIcIkEaGthL8c\\_xcK4xFgpGnCOkPxUdtT2sJGuVvmbvV8](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0954349X19300220?casa_token=s6alAxuH3KwAAAAA:tNiLiWESwQx1gzoA2dLbqxFz6N2LnJvzIcIkEaGthL8c_xcK4xFgpGnCOkPxUdtT2sJGuVvmbvV8) (accessed: 14.03.2024).
- Poore, J., Nemecek, T. (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science*. Vol. 360. No. 6392. Pp. 987–992. DOI: 10.1126/science.aag0216
- Rafindadi, A.A. (2016). Revisiting the concept of environmental Kuznets curve in period of energy disaster and deteriorating income: Empirical evidence from Japan. *Energy Policy*. Vol. 94. Pp. 274–284. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301421516301446?via%3Dihub> (accessed: 14.03.2024).

Shahbaz, M., Lean, H.H., Shabbir, M.S. (2012). Environmental Kuznets curve hypothesis in Pakistan: Cointegration and Granger causality. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 16. No. 5. Pp. 2947–2953. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032112001086?via%3Dihub> (accessed: 14.03.2024).

Shahzad, U., Ferraz, D., Doğan, B., Rebelatto, D. (2020). Export Product Diversification and CO<sub>2</sub> Emissions: Contextual evidences from Developing and Developed Economies. *Journal of Cleaner Production*. DOI:10.1016/j.jclepro.2020.124146

Статья поступила 27.12.2023

Статья принята к публикации 27.06.2024

**Для цитирования:** Сурпкелова А. Экологическая кривая Кузнецца на примере сельского хозяйства Казахстана // ЭКО. 2025. № 2. С. 141–155. DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2025-2-141-155

### Информация об авторе

Сурпкелова Амина (Москва) – научный сотрудник.

Центр агропродовольственной политики ИПЭИ РАНХиГС.

E-mail: a.surpkelova@gmail.com; ORCID: 0000-0002-3554-0352

### Summary

*A. Surpkelova*

#### **The Environmental Kuznets Curve in the Example of Kazakhstan Agriculture**

**Abstract.** The paper studies the relationship between carbon dioxide emissions and economic growth in Kazakhstan in the period from 1992 to 2019. Distributed lag autoregressive models with total CO<sub>2</sub> emissions as the variable of interest are applied, with exports and the level of agricultural land use as control variables. The empirical analysis confirmed that Kazakhstan is currently on the downward slope of the Kuznets environmental curve. This indicates a positive impact of economic growth on the environmental situation in the country. It is shown that export volumes do not affect CO<sub>2</sub> emissions in contrast to agricultural land use, which contributes to their increase. A brief overview of the situation in Kazakhstan regarding the introduction of ESG-practices, which are aimed at more efficient business and improving the environmental situation in general, is given.

**Keywords:** *environmental Kuznets curve; Kazakhstan; ESG-practices; autoregressive model; agriculture; ARDL; greenhouse gases; carbon dioxide*

**For citation:** Surpkelova, A. (2025). The Environmental Kuznets Curve in the Example of Kazakhstan Agriculture. *ECO*. No. 2. Pp. 141–155. (In Russ.). DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2025-2-141-155

### Information about the author

Surpkelova, Amina (Moscow) – Research Associate.

Center for Agri-food Policy of IPEI RANEPА.

E-mail: a.surpkelova@gmail.com; ORCID: 0000-0002-3554-0352