

# Экологические последствия экономической интеграции: экологический след и потребление энергии в ЕАЭС

Шкиотов Сергей Владимирович 

кандидат экономических наук, доцент

ФГБОУ ВО «Ярославский государственный технический университет», г. Ярославль, Российская Федерация

E-mail: shkiotov@yandex.ru

Насонова Дарья Васильевна

студент,

ФГБОУ ВО «Ярославский государственный технический университет», г. Ярославль, Российская Федерация

E-mail: nasonovayar2004@gmail.com

## КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА.

окружающая среда;  
экологическая кривая  
Кузнецца; экономический  
рост на пространстве  
ЕАЭС; экологический след,  
доля возобновляемых  
источников энергии в  
конечном потреблении,  
энергопотребление

## АННОТАЦИЯ.

В статье представлена комплексная оценка экологических последствий экономической интеграции на пространстве ЕАЭС в период с 1990 по 2024 год. Особое внимание уделено трем ключевым индикаторам устойчивого развития: экологическому следу на душу населения, доле возобновляемых источников энергии в структуре конечного энергопотребления и уровню энергопотребления на единицу ВВП по ППС. На основе данных международных организаций (МЭА, Всемирный банк, Global Footprint Network) проведён межстрановой анализ пяти государств ЕАЭС: России, Беларуси, Казахстана, Армении и Киргизии. Выявлено, что после резкого падения показателей в 1990-е годы, связанного с деиндустриализацией и экономическим спадом, в последующие десятилетия страны демонстрировали разнонаправленные траектории развития. Казахстан и Киргизия превысили советский уровень энергопотребления, тогда как Россия, Беларусь и Армения так и не достигли значений 1990 года. Анализ экологического следа показал его устойчивую связь с экономической структурой: модернизация производства и повышение энергоэффективности в ряде стран привели к снижению нагрузки на окружающую среду. Проведённый корреляционный анализ подтвердил наличие статистически значимой обратной связи между экономическим ростом и уровнем энергоёмкости в большинстве стран ЕАЭС, тогда как устойчивых взаимосвязей с долей ВИЭ и экологическим следом на пространстве интеграционного объединения выявлено не было. Полученные результаты подчеркивают необходимость целенаправленной государственной политики в сфере энергоэффективности и перехода к устойчивой энергетике на пространстве ЕАЭС.

JEL codes: Q53, Q54, Q56, F64, O13

DOI: <https://doi.org/10.52957/2221-3260-2025-6-131-143>

Для цитирования: Шкиотов, С.В. Экологические последствия экономической интеграции: экологический след и потребление энергии в ЕАЭС /С.В. Шкиотов, Д.В. Насонова. - Текст : электронный // Теоретическая экономика. - 2025 - №6. - С.131-143. - URL: <http://www.theoreticaleconomy.ru> (Дата публикации: 30.06.2025)

## Введение

Данная работа является продолжением исследования экологических трендов на пространстве ЕАЭС в долгосрочном интервале времени. В предыдущей работе [1] с помощью корреляционного анализа верифицировалось наличие связи между экономическим ростом в странах ЕАЭС и экологическими индикаторами, характеризующими состояние атмосферного воздуха (эмиссия двуокиси углерода, концентрация мелкодисперсных частиц). Это соответствует гипотезе

экологической кривой Кузнецца [2], в соответствии с которой, рост экологических издержек является расплатой за быстрые темпы роста интегрирующихся экономики.

В данном исследовании эта гипотеза будет верифицирована с помощью ряда других экологических индикаторов, характеризующих состояние окружающей среды на пространстве ЕАЭС. Следовательно, цель, гипотеза и методологическая база исследования остаются теми же, что и в первой части исследования [1].

### **Методология**

В данной работе анализируются следующие ключевые экологические индикаторы:

- экологический след (на душу населения);
- доля возобновляемых источников в энергопотреблении;
- показатели использования ресурсов (энергопотребление).

Для обеспечения сопоставимости и надежности данных были использованы открытые международные базы данных. Данные по экологическому следу заимствованы из отчетов Global Footprint Network. Информация о доле ВИЭ в энергопотреблении получена из базы данных ООН (индикатор 7.2.1 ЦУР) и Международного энергетического агентства (МЭА). Показатели энергоемкости экономик ЕАЭС взяты из базы данных Всемирного банка (World Development Indicators).

### **Результаты**

Детальный анализ экологического следа<sup>1</sup> на пространстве ЕАЭС был проведен ранее [3], поэтому здесь будут приведены лишь ключевые результаты исследования.

В 1990-е экологический след в России резко сократился из-за экономического кризиса и снижения выбросов CO<sub>2</sub>. К 2009 г. углеродный компонент упал на 24% от уровня 1992 г. С восстановлением российской экономики в 2000-х экологический след начал расти и стабилизировался в 2010-х на уровне 5-6 gha/чел. В 2023 г. показатель составил 5.8 gha/чел, что соответствует уровню развитых экономик мира. Динамика экологического следа России в рассматриваемый период описывается U-образной кривой.

После умеренного спада в 1990-х экологический след в Белоруссии вырос и достиг пика в середине 2000-х (5-6 gha/чел). Далее наблюдалась стабилизация и незначительное снижение нагрузки на окружающую среду из-за модернизации экономики. В 2023 г. значение этого показателя составило 4.7 gha/чел.

В начале 1990-х Казахстан имел высокие значения экологического следа (8-10 gha/чел), которые существенно сократились к концу десятилетия (до примерно 4-5 gha/чел). Нефтегазовый бум 2000-х вызвал увеличение нагрузки на окружающую (до 6 gha/чел), за которым вновь последовало снижение из-за замедления темпов роста экономики и технологических улучшений. В 2023 г. значение этого показателя составило 3.7 gha/чел.

Из-за экономического спада 1990-х экологический след в Армении был минимален (менее 1 gha/чел). В 2000-х этот индикатор постоянно и умеренно рос, достигнув пика в 2.5 gha/чел, и сейчас он стабилизировался на уровне 2.1 gha/чел.

В Киргизии в 1990-х анализируемый показатель держался на уровне 1-1.5 gha/чел. В 2000-х он немного вырос (до 1.9), но в 2010-х началась стагнация экономики из-за массовой миграции населения и традиционного уклада жизни в сельских районах. В 2023 г. экологический след в Киргизии составляет 1.7 gha/чел – это самый низкий уровень среди стран ЕАЭС.

Таким образом, динамика этого экологического индикатора тесно связана со структурными изменениями в промышленности (модернизацией производства, внедрением технологий) и во многом детерминируется темпами роста экономик.

<sup>1</sup> Экологический след – это показатель, отражающий потребность населения в природных ресурсах и услугах экосистем. Он измеряется в глобальных гектарах (gha) на человека и учитывает площади, необходимые для производства потребляемых ресурсов и поглощения отходов, включая углеродные выбросы.

Далее рассмотрим долю возобновляемой энергии в энергобалансе стран ЕАЭС. Необходимо понимать, что энергетические системы стран ЕАЭС исторически базировались на ископаемом топливе – угле, нефти, природном газе, а также гидроэнергетике там, где позволяли условия (среднеазиатские республики и Закавказье). В 1990 г. доля возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в общем конечном энергопотреблении была невысока: гидроэнергетика и биомасса (дрова) давали около 8-10% в Белоруссии и России, около 25% в Киргизии (за счет крупных ГЭС), примерно 10% в Армении (ГЭС) и меньше 2% в Казахстане (см. рис.1)<sup>2</sup>.

На пространстве будущего ЕАЭС практически не существовало значимой ветровой или солнечной генерации, подчеркнем еще раз, энергосистемы стран были углеродоёмкими.

К 2020-м годам доля ВИЭ на пространстве ЕАЭС несколько изменилась, но не радикально (за исключением случаев Армении и Киргизии). Так, по данным ООН (индикатор 7.2.1 ЦУР) и МЭА, Беларусь имела лишь 3,5% возобновляемой энергии в конечном потреблении всех видов энергии в 2022 г.<sup>3</sup> Это крайне мало, что отражает факт, – энергетика в этой стране практически полностью базируется на ископаемом топливе (преимущественно природный газ) плюс небольшой доли древесных отходов и биогаза. Понимая это, правительство Республики поставило перед собой цель довести долю ВИЭ до 9% к 2035 г.<sup>4</sup>

Россия также демонстрирует очень скромное значение этого показателя: около 3,4% ВИЭ в конечном потреблении всех видов энергии на 2022 г.<sup>5</sup>. Несмотря на обилие ГЭС в Сибири и на Кавказе, в общем энергобалансе России доминируют нефть, газ и уголь, а современные ВИЭ (ветер, солнце) занимают долю менее 1%. Важно отметить, что за период 1990-2020 гг. доля ВИЭ в России практически не изменилась: колеблется в районе 3%; для сравнения, среднемировой показатель – 17% (2016 г.), а в ЕС – более 20%.

Казахстан по доле ВИЭ в конечном потреблении всех видов энергии находится примерно на уровне России – 2,2%<sup>6</sup>. Это чуть выше значений 2010-х гг. (1,3-1,9%), то есть небольшой прогресс есть. Это связано с тем, что Казахстан запустил несколько крупных ветропарков и солнечных станций после 2015 г., плюс имеет ГЭС мощностью около 1 ГВт, впрочем, их вклад мал относительно обширного угольного и газового сектора страны.

Армения, напротив, увеличила долю ВИЭ до порядка 10% в своем энергобалансе<sup>7</sup>. ГЭС на реке Раздан и других реках дают значительную часть электроэнергии в стране, плюс в последние годы стремительно развивается солнечная энергетика в сельской местности. Если в 2010 г. доля ВИЭ в Армении была в районе 7%, то уже к 2016 г. произошел резкий скачок до 13% (дали знать успешные гидро-проекты), затем последовало незначительное снижение до текущего уровня в 10%.

Киргизия – рекордсмен ЕАЭС по ВИЭ благодаря своему гигантскому гидропотенциалу. Киргизия получает большую часть электроэнергии от гидроэлектростанций (Киргизская ГЭС каскада на Нарыне). В итоге доля ВИЭ (в основном гидро) в конечном энергопотреблении страны составляет 28-30% в последние годы. Это очень высокий показатель – сравнимый с Австрией или Бразилией. При этом нужно отметить, что в Киргизии конечное потребление включает много топлива

<sup>2</sup> UNECE. Renewable energy share in the total final energy consumption. Источник: <https://w3.unece.org/SDG/en/Indicator?id=23#:~:text=Kazakhstan%201,0> (дата обращения: 01.05.2025)

<sup>3</sup> IEA. Belarus. Источник: <https://www.iea.org/countries/belarus/renewables> (дата обращения: 01.05.2025)

<sup>4</sup> Belarus Energy Information. Источник: <https://www.enerdata.net/estore/energy-market/belarus/#:~:text=Belarus%20Energy%20Information%20,is%20expected%20to%20be> (дата обращения: 01.05.2025)

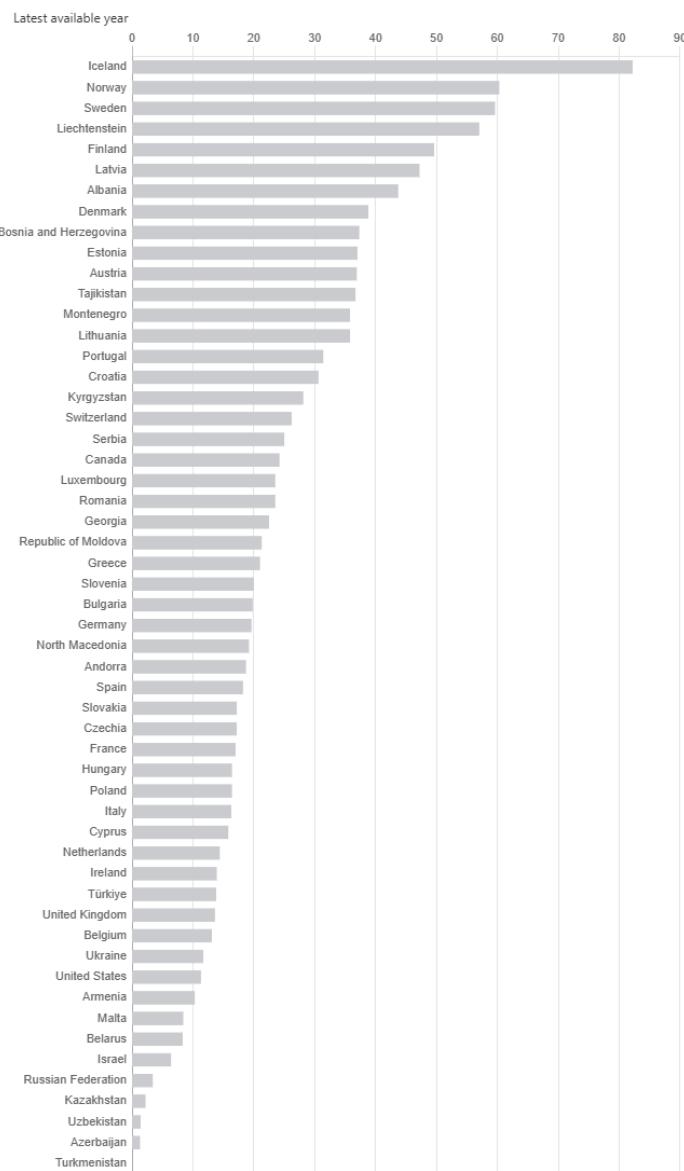
<sup>5</sup> UNECE. Renewable energy share in the total final energy consumption. Источник: <https://w3.unece.org/SDG/en/Indicator?id=23#:~:text=Russian%20Federation%203,0> (дата обращения: 01.05.2025)

<sup>6</sup> UNECE. Renewable energy share in the total final energy consumption. Источник: <https://w3.unece.org/SDG/en/Indicator?id=23#:~:text=Kazakhstan%201,0> (дата обращения: 01.05.2025)

<sup>7</sup> UNECE. Renewable energy share in the total final energy consumption. Источник: <https://w3.unece.org/SDG/en/Indicator?id=23#:~:text=Renewable%20energy%20share%20in%20the,total%20final%20energy%20consumption%2C> (дата обращения: 01.05.2025)

для отопления домов, а это прежде всего «грязный» уголь. Тем не менее, Киргизия единственная из рассматриваемых стран ЕАЭС, где более четверти энергии для экономики – возобновляемая.

Понятно, что низкая доля ВИЭ в России и Беларуси объясняется доступностью дешевых ископаемых ресурсов (газ и нефть из России) и, соответственно, отсутствием экономического стимула к переходу на возобновляемые источники энергии. Кроме того, до 2010-х почти не развивались ветряки и солнечные станции – лишь с 2014 г. в РФ появились первые ветропарки. Законодательные меры (введение квот на ВИЭ, оптовые рынки мощности) дали положительный эффект: установленная мощность ВИЭ в России выросла с нуля до 2 ГВт в 2022 г., но на фоне 250 ГВт традиционной генерации – это капля в море. Казахстан с 2013 г. также принял закон о поддержке возобновляемой энергетики и к 2020 г. нарастил ВИЭ-мощности до примерно 1,5 ГВт (ветер, солнце), однако удельный вес в общем энергобалансе пока мал [4]. Беларусь также инвестировала в биогазовые установки и локальные ветропарки, однако в итоге к 2022 г. всё это дало лишь 3% энергии в стране. Сдерживающими факторами были субсидии на ископаемое топливо, отсутствие доступа к крупным капиталам и технологиям, а также не всегда благоприятные климатические условия (в Беларуси, как и в России потенциал солнечной генерации ограничен широтой).



**Рисунок 1.** Доля ВИЭ в общем объеме потребляемой энергии, в %

Источник: UNECE, индикатор 7.2.1 ЦУР

Армения и Киргизия, не имея своих ископаемых, исторически полагались на ГЭС. В Киргизии еще с советских времен действовали ГЭС, покрывающие >90% выработки электричества, что и обуславливает высокую долю ВИЭ в потреблении электроэнергии (и 28% во всем энергобалансе). Армения после приостановки Мецаморской АЭС в 1989-1995 гг. была вынуждена развивать малые ГЭС, что подняло долю ВИЭ в энергобалансе до 10%. Кроме того, нельзя забывать и об огромном «солнечном» потенциале Армении (более 300 солнечных дней в году), который только начинает реализовываться.

Третий экологический индикатор, рассматриваемый в работе – потребление энергии. Дело в том, что в развивающихся странах рост энергопотребления тесно связан с экономическим ростом и развитием таких секторов экономики как промышленность, строительство, автомобилестроение и т.п. Понятно, что рост потребления энергии как правило происходит за счет невозобновляемых/ископаемых видов топлива, что ведет не только к истощению невозобновляемых ресурсов, но и увеличивает нагрузку на окружающую среду.

После распада СССР Россия пережила резкое падение энергопотребления. В 1990 г. конечное потребление энергии в РСФСР превышало 800 млн тонн условного топлива (тонна нефтяного эквивалента, далее т.н.э.). Но уже к середине 1990-х оно сократилось на десятки процентов, вследствие промышленного спада и снижения ВВП – совокупные выбросы парниковых газов России упали значительно ниже базы 1990 г., отражая масштабное сокращение сжигания топлива. К 1998 г. энергопотребление достигло минимума (примерно 60-70% от уровня 1990 г.)<sup>8</sup>.

Начиная с 2000-х гг. в России наблюдалось постепенное восстановление спроса на энергию на фоне экономического роста. Общий объем потребления энергии увеличивался в 2000-2010-х гг., хотя и более медленно, чем рос ВВП – сказывалась структурная перестройка экономики и меры по повышению энергоэффективности (энергетическая интенсивность ВВП России заметно снизилась за постсоветский период, что указывает на внедрение более эффективных технологий и сокращение доли энергоемких отраслей). Тем не менее абсолютное потребление энергии в 2010-х оставалось ниже советского пика. К 2019 г. оно оценивалось примерно на 15-20% меньше уровня 1990 г. В последнее десятилетие динамика энергопотребления России была относительно стабильной. В 2015-2019 гг. наблюдался умеренный рост потребления (в среднем на 1% в год), затем в 2020 г. произошел спад примерно на 4% из-за пандемии коронавируса. Однако уже в 2021 г. потребление быстро восстановилось на 9%<sup>9</sup>. По данным Enerdata, в 2021-2023 гг. общий объем конечного потребления энергии в России держался на плато около 830-840 млн т н.э. в год. Структура потребления РФ сместилась в сторону газа: природный газ покрывает более половины спроса (53% в 2023 г.), далее следуют нефть (около 19%) и уголь (17%). На электроэнергию (в пересчете на первичную энергию) приходится около 7% конечного потребления, значительную долю дает также теплоснабжение. Отраслевой расклад показывает, что крупнейшим потребителем энергии остается промышленность, на втором месте жилищно-коммунальный сектор. За годы реформ уменьшилась доля индустрии и выросла доля транспорта и услуг, что способствовало снижению энергоемкости экономики в целом.

Беларусь также прошла через спад энергопотребления в 1990-е гг., хотя он был менее драматичным, чем в России. После 1991 г. белорусская промышленность сократила выпуск, но многие предприятия продолжали работу благодаря государственной поддержке, что сгладило падение спроса на энергию. Тем не менее в середине 1990-х конечное потребление энергии в Беларуси было значительно ниже советского уровня. В последующие годы, по мере стабилизации экономики, энергопотребление вновь начало расти.

В 2000-е гг. Беларусь продемонстрировала умеренный рост использования энергоресурсов.

<sup>8</sup> Russia Primary Energy Consumption (I:RPECNY). Источник: [https://ycharts.com/indicators/russia\\_primary\\_energy\\_consumption#:~:text=December%2031%2C%201993%20759,45M](https://ycharts.com/indicators/russia_primary_energy_consumption#:~:text=December%2031%2C%201993%20759,45M) (дата обращения: 01.05.2025)

<sup>9</sup> Russia Energy Information. Источник: <https://www.enerdata.net/estore/energy-market/russia/#:~:text=Total%20per%20capita%20consumption%20reached,electricity%20consumption%20was%20around%206%C2%A0961%C2%A0kWh> (дата обращения: 01.05.2025)

К началу 2010-х годов объем конечного потребления достиг и даже превысил уровень 1990 г. По оценкам, максимум пришелся на 2012 год, когда совокупное потребление энергии в стране составило около 30 млн т н.э. (это исторический пик)<sup>10</sup>. Однако затем тенденция изменилась: начиная примерно с 2013 г. энергопотребление Беларуси пошло на спад. По данным Enerdata, после 2012 г. суммарное потребление энергии снижалось вплоть до 2020 г., опустившись примерно до 26 млн т н.э. в 2022 г. Таким образом, современный уровень находится чуть ниже пикового и примерно сопоставим с ранними 1990-ми. Для примера, в 2018 г. суммарное конечное потребление оценивалось порядка 20 млн т н.э., что близко к уровню 1990 г. с учетом сокращения населения и экономических изменений.

Структурно белорусское энергопотребление характеризуется высокой зависимостью от импортируемых углеводородов. Около 85% первичной энергии страна получает из вне, преимущественно из России. До 2021 г. почти вся электроэнергия вырабатывалась на газовых ТЭЦ, и природный газ занимал доминирующую долю в конечном использовании. В 2018 г. природный газ обеспечивал порядка 97% выработки электроэнергии и значительную часть прямого теплоснабжения, а конечное потребление распределялось так: 36% приходилось на промышленность (7,3 млн т н.э.) и 27% на бытовой сектор (5,2 млн т н.э.)<sup>11</sup>, остальное – транспорт и услуги. Запуск в 2020-2021 гг. Белорусской АЭС привел к замещению части импортного газа в электроэнергетике, но на общих объемах конечного потребления это сказалось незначительно (структура источников изменилась, однако суммарный спрос остался в тех же пределах).

Казахстан отличается тем, что к 2020-м гг. почти вернул и превысил советские объемы энергопотребления, хотя путь к этому был нелинейным. В 1990-е гг. в Казахстане произошел резкий спад конечного потребления энергии на фоне глубокой экономической депрессии. В 1990 г. в Казахстанской ССР действовала мощная индустриальная база (металлургия, химия, машиностроение) с соответствующим высоким энергопотреблением – по оценкам, свыше 100 млн т н.э. в год. Однако с распадом СССР промышленное производство страны сократилось более чем наполовину к концу десятилетия, и энергопотребление упало соразмерно. Согласно данным, к 2000 г. энергопотребление Казахстана были примерно на 50% ниже уровня 1992 г. [5]. Например, если в 1991 г. совокупное потребление энергии оценивалось условно в 130 млн т н.э., то в 2000 г. оно снизилось до 55 млн т н.э. (этот период характеризовался закрытием многих советских предприятий и резким сокращением внутреннего спроса на топливо).

Начиная с 2000-х гг. Казахстан демонстрирует уверенный рост энергопотребления. Восстановление экономики, стимулированное нефтегазовым бумом и инвестициями, привело к увеличению спроса на энергию во всех секторах. Конечное потребление энергии в стране более чем удвоилось по сравнению с уровнем 2000 г. К 2010 г. оно достигало порядка 90 млн т н.э., продолжив рост после исторического минимума конца 1990-х. К середине 2010-х потребление энергоресурсов в Казахстане практически вернулось к уровню 1990 г., приближаясь к 120-140 млн т н.э. в год. Однако в 2010-е гг. темпы роста замедлились: по данным Enerdata, в 2010-2019 гг. суммарное потребление энергии даже слегка сокращалось (- 0,5% в год)<sup>12</sup>, несмотря на продолжающийся рост ВВП. В 2020 г. произошел лишь незначительный спад на фоне пандемии, и уже к 2021 г. объемы вернулись на прежний уровень. В 2022 г. потребление стабилизировалось, а в 2023 г. выросло на 2,7%, вновь обновив постсоветские максимумы.

Отраслевая структура энергопотребления в Казахстане смешена в сторону промышленности. Промышленный сектор потребляет около 50% конечной энергии – крупными потребителями являются металлургические комбинаты, цементные заводы, нефтепереработка. Значительная часть

<sup>10</sup> Belarus Energy Information. Источник: <https://www.enerdata.net/estore/energy-market/belarus/#:~:text=Belarus%20Energy%20Information%20,is%20expected%20to%20be> (дата обращения: 01.05.2025)

<sup>11</sup> IEA. Belarus energy profile. Источник: <https://www.iea.org/reports/belarus-energy-profile> (дата обращения: 01.05.2025)

<sup>12</sup> Kazakhstan Energy Information. Источник: <https://www.enerdata.net/estore/energy-market/kazakhstan/#:~:text=Total%20energy%20consumption%20rebounded%20by,0.5%25%2Fyear> (дата обращения: 01.05.2025)

этого потребления приходится на уголь и электроэнергию, выработанную на угле: 73% электроэнергии в стране генерируется на угольных станциях. Транспорт занимает относительно небольшую долю (около 10% конечного потребления), а жилищно-коммунальный сектор и услуги – порядка 40% [5]. В энергетическом балансе Казахстана доминируют собственные ископаемые ресурсы – страна полностью самодостаточна в плане обеспечения энергией. Примерно 60-70% конечного потребления обеспечивается углем и газом, остальное – нефтепродукты и электроэнергия.

Армения характеризуется драматическим спадом энергопотребления в первые постсоветские годы и последующим устойчивым ростом, хотя и не до прежних высот. В начале 1990-х Армения испытывала острый энергетический кризис. С прекращением союзных связей и в условиях блокады (закрытие границ с Азербайджаном и Турцией) производство и поставки энергоносителей резко сократились. Перераспределение энергии стало проблемой выживания: в 1992-1995 гг. в стране действовал жесткий режим экономии. Цифры отражают этот коллапс: на душу населения потребление энергии упало с 2317 кг н.э. в 1991 г. до всего 420 кг к 1994 г., то есть более чем в 5 раз [6]. Совокупное конечное потребление энергии Армении снизилось примерно с 6-8 млн т н.э. в конце 1980-х до менее 2 млн т н.э. в середине 1990-х.

После 1995 г. положение начало улучшаться. Повторный запуск Мецаморской АЭС в 1995 г. и налаживание импорта газа из России через Грузию постепенно стабилизировали энергоснабжение. Экономика Армении перешла к росту: реформы и приток средств диаспоры способствовали восстановлению производства и услуг. Конечное потребление энергии стало расти почти синхронно с ВВП. Особенно заметен подъем с начала 2000-х: за период 2000-2020 гг. годовое энергопотребление страны выросло более чем вдвое [6]. Если около 2000 г. оно оценивалось менее чем в 1,3 млн т н.э., то к 2020 г. достигло 2,61 млн т н.э. (по данным МЭА). Это, однако, все еще существенно ниже советского уровня – по разным оценкам, Армения в 1980-х потребляла 5-6 млн т н.э. ежегодно. Таким образом, несмотря на двукратный рост в новейший период, нынешнее энергопотребление Армении составляет около половины от уровня 1990 г.

Структура потребления в Армении претерпела значительные изменения. В советской Армении крупными потребителями энергии были энергоемкие заводы (химический, резинотехнический, алюминиевый и др.), работавшие на привозном сырье и электроэнергии. После их остановки в 1990-е доля промышленности резко упала. В 2020 г. наибольшими секторами-потребителями стали домашние хозяйства и транспорт – по 33% каждый (по 0,86 млн т н.э.)<sup>13</sup>. Домохозяйства используют главным образом природный газ (для отопления) и электроэнергию, а рост их энергопотребления связан с массовой газификацией (к 2020 г. свыше 78% домов подключены к газу) и повышением уровня жизни. Транспорт стремительно нарастил потребление после 2000 г.: парк автомобилей вырос, и к 2020 г. транспорт догнал по затратам жилищный сектор. Именно транспорт был главным драйвером спроса в последние годы, особенно с распространением газомоторного топлива (резкий рост популярности метана). Промышленность и коммерческий сектор Армении сейчас занимают меньшую долю в конечном потреблении (20-25%). Общий ежегодный спрос на энергию в 2020 г. составлял около 3,59 млн т н.э. первичной энергии, из которых 27% покрывались внутренней выработкой (АЭС и гидро), остальное – импорт газа и нефтепродуктов.

Для Киргизии характерна относительно низкая базовая величина энергопотребления и ее значимый рост в последние годы. После 1991 г. энергопотребление в Киргизии, как и в других республиках бывшего СССР, сначала сократилось из-за экономических трудностей. В 1990-е гг. страна пережила трансформационный кризис: падение производства, обнищание части населения – все это ограничило спрос на энергию. Кроме того, на фоне нехватки средств инфраструктура энергетики ветшала, росли энергопотери, что усугубляло проблемы в секторе<sup>14</sup>. Можно отметить, что в 2000 г. объем конечного потребления энергии был относительно невысок – порядка 2-2,5 млн т н.э. в год.

<sup>13</sup> IEA. Armenia energy profile. Источник: <https://www.iea.org/reports/armenia-energy-profile> (дата обращения: 01.05.2025)

<sup>14</sup> IEA. Kyrgyzstan energy profile. Источник: <https://www.iea.org/reports/kyrgyzstan-energy-profile> (дата обращения: 01.05.2025)

С середины 2000-х начался рост энергопотребления в Киргизии. Драйверами стали экономический рост (хотя и нестабильный), рост населения и расширение электрификации. Особенно заметно ускорилось увеличение спроса после 2008 г.: за десятилетие 2008-2018 гг. конечное потребление энергии выросло на 72%. По данным МЭА, в 2018 г. общий объем конечного потребления составлял 4,2 млн т н.э. – для страны с 6-миллионным населением это значительный показатель, отражающий возврат и превышение уровня позднего СССР. К 2020-м гг. потребление продолжало расти: несмотря на паузу в 2020 г. (пандемия затронула переводы мигрантов и спрос), уже в 2021-2022 гг. рост восстановился. В настоящее время (2024 г.) конечное энергопотребление Киргизии оценивается около 4,5-5 млн т н.э. в год – это существенно выше показателей 1990-х и примерно вдвое больше уровня 2000 г. Благодаря этому Киргизия, наряду с Казахстаном, вышла на объемы энергопользования выше советских показателей.

Структура потребления энергии в Киргизии отражает особенности ее экономики и ресурсов. Гидроэнергетика играет огромную роль: свыше 90% электроэнергии производится на ГЭС, что делает электричество важнейшим конечным энергоресурсом. В 2018 г. электроэнергия составляла 24% конечного потребления страны. Остальное приходилось на ископаемое топливо – прежде всего нефтепродукты (48% конечного потребления, главным образом в транспорте) и уголь (17%, используется для отопления и промышленных нужд). Природного газа страна потребляет сравнительно немного (газификация ограничена городами, и газ импортируется из Узбекистана и Казахстана). Секторально главным потребителем энергии является бытовой сектор (население), затем транспорт и промышленность<sup>15</sup>. Рост энергопотребления в 2010-х произошел преимущественно за счет бытового и коммерческого сектора – улучшение электроснабжения позволило увеличить использование электроэнергии на освещение, бытовые приборы; также расширилось потребление угля для отопления в зимний период, так как правительство стимулировало замену дорогостоящего импортного газа местным углем. Потребление в транспорте (бензин, дизель) тоже выросло вслед за ростом числа автомобилей и торговых перевозок.

Проведенный анализ показал, что общий тренд энергопотребления в странах ЕАЭС за 1990-2024 гг. определяется первоначальным резким спадом и последующим частичным восстановлением, при существенной дифференциации по странам. Региональные тенденции включают deinдустириализацию 1990-х с падением спроса на энергию до 50% и более, а затем рост 2000-х годов, поддержанный экономическим ростом и интеграцией на пространстве ЕАЭС. Однако к 2024 г. лишь Казахстан и Киргизия сумели превзойти советский уровень конечного энергопотребления, в то время как Россия, Беларусь и Армения потребляют меньше энергии, чем в 1990 г., ввиду структурных изменений и мер по повышению энергоэффективности экономик.

Далее с помощью корреляционного анализа (корреляция Пирсона, p-value 5%) оценим наличие взаимосвязи между темпами роста экономик стран ЕАЭС и индикаторами, характеризирующими состояние окружающей среды (подушевой экологический след, доля ВИЭ в конечном потреблении всех видов энергии и использование энергии на единицу ВВП по ППС).

Исследовательская гипотеза – в соответствии с экологической кривой Кузнецца, должна существовать статистически значимая связь между темпами экономического роста и состоянием окружающей среды (интенсификация экономического роста в рамках ЕАЭС приводит к ухудшению состояния окружающей среды).

Датасет для проведения корреляционного анализа доступен по ссылке: 10.5281/zenodo.15790474.

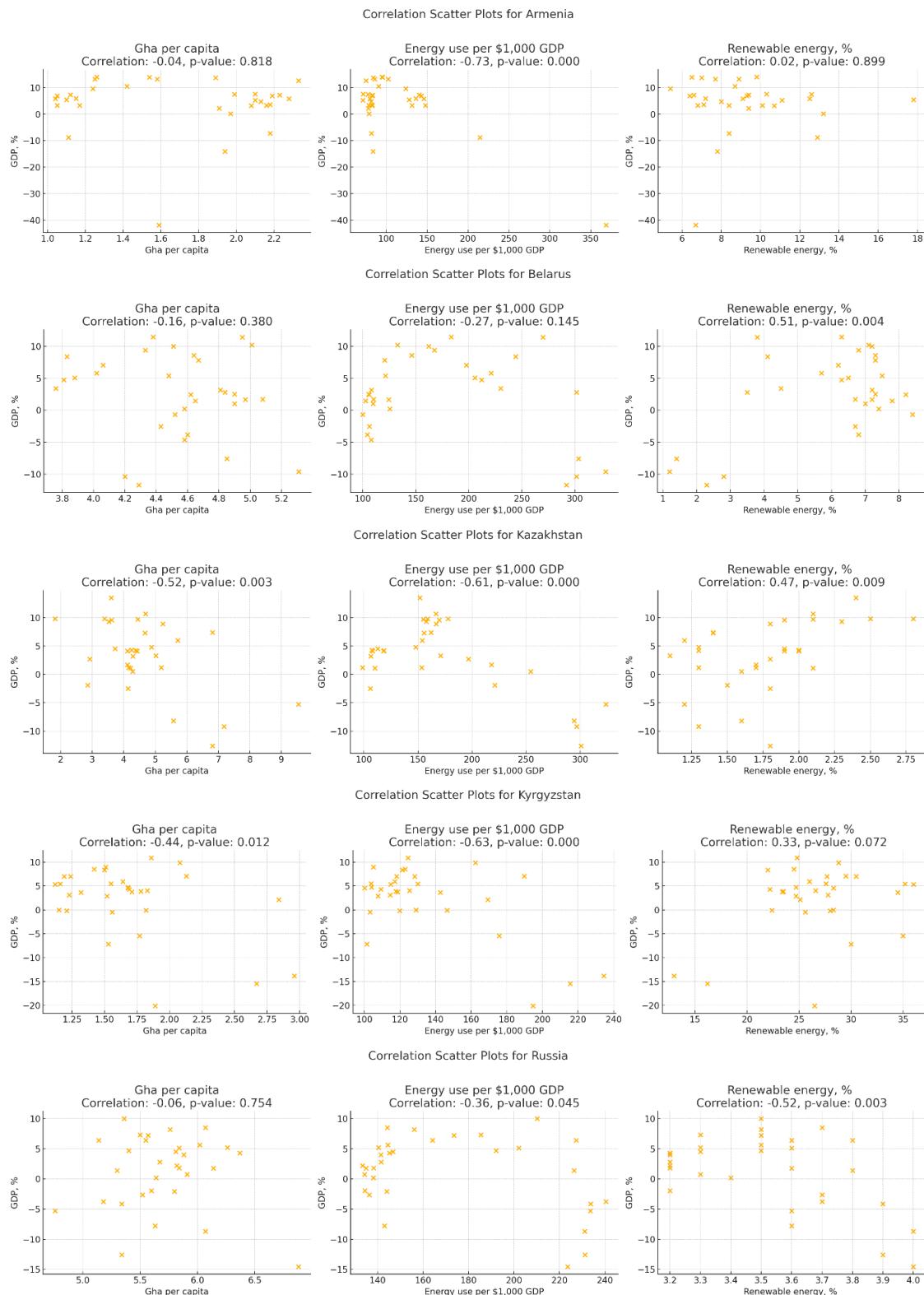
Результаты корреляционного анализа представлены ниже (см. рис.2, табл.1).

Проведенный корреляционный анализ показал следующие результаты взаимосвязи между ВВП и экологическими показателями для Армении:

- Экологический след на душу населения: корреляция очень слабая и незначимая (-0.043), что свидетельствует об отсутствии устойчивой связи между экологическим следом на душу населения и

<sup>15</sup> IEA. Kyrgyzstan energy profile. Источник: <https://www.iea.org/reports/kyrgyzstan-energy-profile> (дата обращения: 01.05.2025)

экономическим ростом в Армении. Влияние данного показателя на экономику не прослеживается явно.



**Рисунок 2.** Диаграмма рассеивания между темпами роста экономик и экологическим следом, долей ВИЭ в конечном потреблении всех видов энергии, использованием энергии на единицу ВВП по ППС для стран ЕАЭС

Источник: построено автором

**Таблица 1 – Результаты корреляционного анализа**

| Страна     | Индикатор                  | Корреляция       | p-value          |
|------------|----------------------------|------------------|------------------|
| Армения    | Экологический след на душу | -0.0430018594810 | 0.81833164596951 |
|            | ВИЭ                        | 0.02420486973045 | 0.89897162633569 |
|            | Энергопотребление          | -0.7325506280442 | 0.79712936415543 |
| Белоруссия | Экологический след на душу | -0.1633303637117 | 0.37998109768097 |
|            | ВИЭ                        | 0.50766396445438 | 0.00418687357647 |
|            | Энергопотребление          | -0.2681392344315 | 0.14471739223472 |
| Казахстан  | Экологический след на душу | -0.520674989649  | 0.00267352244470 |
|            | ВИЭ                        | 0.47096280732445 | 0.00861866712729 |
|            | Энергопотребление          | -0.6131027031801 | 0.00024536725604 |
| Киргизия   | Экологический след на душу | -0.4435035226704 | 0.01245399953054 |
|            | ВИЭ                        | 0.3333635549913  | 0.07182688963300 |
|            | Энергопотребление          | -0.627901689706  | 0.00015587883210 |
| Россия     | Экологический след на душу | -0.058639358729  | 0.75402008214759 |
|            | ВИЭ                        | -0.521853731997  | 0.00309915290653 |
|            | Энергопотребление          | -0.362033916406  | 0.04535386682360 |

Источник: рассчитано автором

– Энергопотребление (значимая корреляция -0.733): идентифицирована явно выраженная отрицательная взаимосвязь. Снижение энергоемкости (улучшение энергоэффективности) коррелирует с ростом экономики Армении.

– ВИЭ, %: отсутствует статистически значимая корреляция (0.024). Доля возобновляемой энергетики не оказывает статистически значимого влияния на экономический рост, что может указывать на малую долю или низкое влияние сектора на общую экономическую динамику.

Результаты анализа взаимосвязи между ВВП и экологическими показателями для Белоруссии:

– Экологический след на душу населения: слабая и незначимая отрицательная корреляция (-0.163) указывает на отсутствие прямой связи между экологическим следом и экономическим ростом в Белоруссии.

– Энергопотребление (корреляция -0.268, незначима при p-value 0.5): отрицательная корреляция умеренная, но статистически незначимая, хотя тенденция схожа с другими странами ЕАЭС.

– ВИЭ, %: отсутствие значимой взаимосвязи говорит о несущественном влиянии данного показателя на экономический рост в стране.

Результаты анализа взаимосвязи между ВВП и экологическими показателями для Казахстана:

– Экологический след на душу населения (незначимая корреляция): нет устойчивой статистически значимой связи, что указывает на отсутствие прямого влияния экологического следа на экономический рост.

– Энергопотребление (значимая корреляция -0.606): выявлена сильная отрицательная корреляция, что подтверждает зависимость экономического роста от энергоэффективности.

– ВИЭ, % (незначимая корреляция): отсутствие значимой связи свидетельствует о пока еще низкой роли возобновляемой энергетики в общей экономике страны, хотя потенциал для роста

данного сектора очевиден.

Результаты анализа взаимосвязи между ВВП и экологическими показателями для Киргизии:

– Экологический след на душу населения (незначимая корреляция): показатель не связан статистически значимо с экономическим ростом, что говорит о слабом влиянии экологического следа на динамику экономики Киргизии.

– Энергопотребление (незначимая корреляция): отсутствие значимой взаимосвязи объясняется структурой экономики, менее зависимой от промышленности (традиционно энергоемкой) и более зависящей от других экономических факторов (например, торговли, сельского хозяйства и денежных переводов мигрантов).

– ВИЭ, % (незначимая корреляция): показатель не оказывает значимого влияния на динамику экономического роста Киргизии.

Результаты анализа взаимосвязи между ВВП и экологическими показателями для России:

– Экологический след на душу населения (незначимая корреляция): отсутствие статистически значимой взаимосвязи говорит о том, что экологический след на душу населения не оказывает прямого устойчивого влияния на экономический рост страны.

– Энергопотребление (значимая корреляция -0.747): очень сильная и значимая отрицательная связь свидетельствует о ключевой роли снижения энергоемкости в росте экономики России.

– ВИЭ, % (незначимая корреляция): отсутствие значимой взаимосвязи говорит о том, что сектор возобновляемых источников энергии в России пока играет ограниченную роль в экономическом росте, что открывает перспективы для развития этого направления.

## Заключение

В результате проведенного исследования установлено:

1. Динамика экологического следа на душу населения тесно связана со структурными изменениями в промышленности (модернизацией производства, внедрением технологий) и во многом детерминируется темпами роста экономик ЕАЭС.

2. В постсоветский период доля возобновляемой энергии осталась практически неизменной в России и Беларусь, немного выросла в Казахстане и существенно выросла в Армении и особенно в Киргизии.

3. Общий тренд энергопотребления в странах ЕАЭС за 1990-2024 гг. определяется первоначальным резким спадом и последующим частичным восстановлением, при существенной дифференциации по странам: лишь Казахстан и Киргизия сумели превзойти советский уровень конечного энергопотребления, в то время как Россия, Беларусь и Армения потребляют меньше энергии, чем в 1990 г.

4. Энергоёмкость экономики (энергопотребление) имеет наиболее стабильную и значимую отрицательную связь с динамикой ВВП Армении, Казахстана, России и отчасти Белоруссии. Это указывает на то, что снижение энергоёмкости (повышение энергоэффективности) экономик может способствовать ускорению экономического роста в этих странах.

5. Показатели экологического следа и доли ВИЭ в конечном потреблении всех видов энергии не демонстрируют устойчивых и статистически значимых корреляций с динамикой ВВП стран ЕАЭС.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Шкиотов С. В. Экологические последствия экономической интеграции: эмиссия парниковых газов и качество воздуха в ЕАЭС // Теоретическая экономика. – 2025. – № 5.
2. Kuznets S. Economic Growth and Income Inequality // The American Economic Review. – 1955. – Vol. 45, No. 1. – P. 1–28.
3. Шкиотов С. В. Влияние технологического развития на состояние окружающей среды: случай ЕАЭС // Экономическое развитие России. – 2025. – № 5. – С. 30–40.
4. Raihan A., Tuspekova A. Role of economic growth, renewable energy, and technological innovation to achieve environmental sustainability in Kazakhstan // Current Research in Environmental Sustainability. – 2022. – Vol. 4. – Article No. 100165. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.crsust.2022.100165>.
5. Movkebayeva G., et al. Energy Security and Sustainability in Eurasian Economic Union in the Terms of Economic Growth: The Case of Kazakhstan's Energy Sector up to 2040 Perspectives // International Journal of Energy Economics and Policy. – 2020. – Vol. 10, No. 2. – P. 497–503. – DOI: <https://doi.org/10.32479/ijEEP.9073>.
6. Elliott R. How post-Soviet de-industrialization Became Armenia's Opportunity for Renewable Energy [Электронный ресурс]. – 2022. – Режим доступа: <https://evnreport.com/magazine-issues/how-post-soviet-de-industrialization-became-armenias-opportunity-for-renewable-energy> (дата обращения: 01.05.2025).

# Environmental Consequences of Economic Integration: Greenhouse Gas Emissions and Air Quality in the EAEU

**Shkiotov Sergei Vladimirovich**

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor,  
Yaroslavl State Technical University, Yaroslavl, Russian Federation  
E-mail: shkiotov@yandex.ru

**Nasonova Darya Vasilyevna**

Student,  
Yaroslavl State Technical University, Yaroslavl, Russian Federation  
E-mail: nasonovayar2004@gmail.com

---

## KEYWORDS.

environment; environmental Kuznets curve; economic growth in the EAEU; ecological footprint; share of renewable energy in final consumption; energy use

---

## ABSTRACT.

This article presents a comprehensive assessment of the environmental consequences of economic integration across the Eurasian Economic Union (EAEU) from 1990 to 2024. Particular attention is given to three key indicators of sustainable development: ecological footprint per capita, the share of renewable energy in final energy consumption, and energy use per unit of GDP at purchasing power parity (PPP). Based on data from international organizations (IEA, World Bank, Global Footprint Network), a cross-country analysis was conducted for the five EAEU member states: Russia, Belarus, Kazakhstan, Armenia, and Kyrgyzstan. The study reveals that following a sharp decline in indicators during the 1990s – associated with deindustrialization and economic recession – the countries have since followed divergent development trajectories. Kazakhstan and Kyrgyzstan have exceeded their Soviet-era levels of energy consumption, while Russia, Belarus, and Armenia have yet to return to 1990 levels. The analysis of the ecological footprint demonstrates its strong correlation with economic structure: in several countries, modernization of production and improved energy efficiency have contributed to reducing environmental pressure. The Pearson correlation analysis confirms the existence of a statistically significant inverse relationship between economic growth and energy intensity in most EAEU countries, while no consistent relationships were found with the share of renewable energy or ecological footprint. These findings underscore the need for targeted public policy aimed at improving energy efficiency and transitioning to sustainable energy in the context of regional integration.

---