

УДК 330

**ПЕРСПЕКТИВЫ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫБРОСОВ CO₂ В СТРАНАХ-УЧАСТНИЦАХ
ЕАЭС**

PROSPECTS FOR CHANGING CO₂ EMISSIONS IN THE EAEU MEMBER STATES

¹С.Ю. Иванов, ²В.А. Серегина

¹S.Y. Ivanov, ²V.A. Seregina

1. Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, email: sivanooov@yandex.ru

Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, email: sivanooov@yandex.ru

2. Российский государственный социальный университет, Москва, email: v.a.seregina@list.ru

Russian State Social University, Moscow, email: v.a.seregina@list.ru

Аннотация

В данной работе рассматривается зависимость уровня выбросов потребления углеводородов в странах ЕАЭС при различных сценариях. С целью формирования прогнозных значений были использованы модели на панельных данных. Были проведено тестирование и сравнение объединенной модели, моделей с фиксированным и случайным эффектом. В исследовании доказывается зависимость между уровнями производства нефти, газа и угля в ЕАЭС и объемом выбросов CO₂ и определяются ключевые векторы для построения прогноза по изменению уровня выбросов CO₂ в ЕАЭС на основе уравнения регрессии.

Abstract

This paper examines the dependence of the level of emissions of hydrocarbon consumption in the EAEU countries under various scenarios. In order to generate forecast values, models based on panel data were used. Pooled, fixed-effect, and random-effect models were tested and compared. The study proves the relationship between the levels of oil, gas and coal production in the EAEU and the volume of CO₂ emissions and identifies key vectors for building a forecast for changes in the level of CO₂ emissions in the EAEU based on a regression equation.

Ключевые слова: выбросы CO₂, ЕАЭС, эконометрика, панельные данные, углеводороды.

Keywords: CO₂ emissions, EAEU, econometrics, panel data, hydrocarbons.

Введение

В 21 веке все большую популярность набирает тренд о масштабном использовании возобновляемых источников энергии и применении водорода вместо высокоуглеродных видов энергоресурсов в целях снижения выбросов CO₂ в атмосферу. Это дает

возможность извлечения прибыли из реализации проектов Устойчивого развития для бизнеса государств, сокращения углеродного следа собственных активов, получения выгод от сокращения выбросов и повышения энергоэффективности.

В Евразийском экономическом союзе (ЕАЭС) рассматривается введение налога на выбросы углерода в размере 70 долларов США за тонну. Это имело бы существенные положительные эффекты по динамике выбросов CO₂ для стран-участниц. В рамках данного экономического сотрудничества в скором времени возможно введение законодательства на национальном уровне, регулирующего объемы выбросов CO₂ и характер выплат за превышение квот на выбросы. Налог мог бы стать стимулом для компаний и предприятий в странах-участницах ЕАЭС пересмотреть свои производственные процессы и перейти на более чистые технологии, такие как возобновляемые источники энергии или технологии захвата и хранения углерода. Это, в свою очередь, привело бы к сокращению общих выбросов углерода в регионе. Кроме того, введение такого налога могло бы способствовать повышению осведомленности об экологических проблемах среди компаний и населения, а также стимулировать инвестиции в чистые технологии и инновации в сфере устойчивого развития.

Для предопределения перспектив изменения выбросов CO₂ в странах-участницах ЕАЭС в работе использованы модели на панельных данных [1]. Для того, чтобы сделать логический и обоснованный вывод, проведено тестирование и сравнение объединённой модели, модели с фиксированным эффектом (F-тест Фишера), модели со случайным эффектом (LM-тест множителей Лагранжа). Также при помощи панельных данных доказывалась зависимость между производством высокоуглеродных энергетических ресурсов в ЕАЭС и уровнем выбросов углекислого газа в странах участницах и оценивается степень влияния данных производств на уровень выбросов CO₂. Помимо этого, в работе проводится тестирование основных моделей для определения ключевых векторов для построения прогноза по изменению выбросов углекислого газа странами ЕАЭС на основе уравнения регрессии.

Объект и методы исследования

Объектом исследования выступали страны, являющиеся государствами-членами ЕАЭС. В качестве зависимой переменной был использован показатель по уровню выбросов углекислого газа в каждой из стран-участниц ЕАЭС. Независимыми переменными в модели выступали: объем производства нефти, объем производства газа и объем производства угля в целом по каждой из стран.

Первоначально была построена объединенная модель (Pooled model), не учитывающая индивидуальные особенности панельных данных [2]. По данной модели было выведено следующее уравнение (1).

$$y = 5,47 + 0,004x_1 + 4,2x_2 + 1,14x_3 + e \quad (1)$$

В данной модели R² равен 0,9997. Поскольку у нас несколько факторов, значение R² не совсем точно может оценить значимость всей модели. Поэтому для более точной оценки был рассчитан скорректированный R², равный 0,99967, что свидетельствует о высоком качестве построенной модели. F-статистика равна 23950,85, при этом F критическое для данной модели составляет 3,07. F-статистика нужна для проведения теста Фишера, который оценивает значимость различия дисперсий случайных выборок.

Поскольку F-статистика больше, чем F критическое, регрессоры оказывают существенное влияние, а значит модель качественная.

На втором этапе была построена модель с фиксированными эффектами fixed effect model, FE) [2]. Для ее корректного построения была введена матрица фиктивных переменных для всех панелей и моментов времени (2).

$$y = 0,003d_1 + 0,09d_2 + 1,43d_3 + 895,17d_4 + 230,52d_5 + 34,76x_1 + 8,75x_2 + 2,21x_3 + e \quad (2)$$

В данной модели R^2 равен 0,9995, также для более точной оценки был рассчитан скорректированный $R^2 = 0,9993$, что свидетельствует о высоком качестве построенной модели. F-статистика равна 45142,09, при этом F критическое = 3,07. Поскольку F-статистика больше, чем F критическое, регрессоры оказывают существенное влияние, а значит модель качественная.

Для построения модели со случайными эффектами была проведена раздельная оценка параметров модели с фиксированными эффектами [2]. При раздельной оценке было получено уравнение с высокими показателями качества модели (3).

$$y = 4,59 + 0,005x_1 + 4,06x_2 + 0,85x_3 + e_{it} \quad (3)$$

Далее были оценены внутригрупповая и межгрупповая дисперсии. Корни дисперсий, а также параметр образования нужны для корректного построения модели со случайными эффектами (4).

$$\begin{aligned} \sigma_e &= 6,25 \\ \sigma_b &= 11,09 \\ \theta &= 0,75 \end{aligned} \quad (4)$$

Уравнение модели с фиксированными эффектами (random effect model, RE) выглядит следующим образом (5).

$$y_{RE} = m + 0,004x_1 + 3,83x_2 + 1,21x_3 + e_{it} \quad (5)$$

Поскольку в модели RE переменные подвергаются преобразованиям, этому же преобразованию должен подвергаться и единичный вектор столбец, оценку свободного члена T необходимо откорректировать. Выведено скорректированное уравнение модели с фиксированными эффектами (random effect model, RE) (6).

$$y_{RE} = 10,02 + 0,004x_1 + 3,83x_2 + 1,21x_3 + e_{it} \quad (6)$$

Тестирование объединенной модели против модели с фиксированными эффектами проводится с помощью теста Фишера. В объединенной модели RSS_{pooled} равно 2920,77. В сравниваемой модели RSS_{FE} равно 663,98. При проведении теста Фишера F равно 14,45, а F критическое равно 2,97. Поскольку F критическое меньше, чем найденный F, фиксированные эффекты значительно влияют на эндогенную переменную. Следовательно, модель с фиксированными эффектами предпочтительнее объединенной.

Тестирование объединенной модели против модели со случайными эффектами проводится с помощью теста множителей Лагранжа. При проведении теста Лагранжа LM равно 0,017, а LM критическое равно 2,97. Поскольку LM критическое больше найденного LM, следовательно, наиболее адекватной панельным данным признается модель без эффектов.

Тестирование модели со случайными эффектами против модели со случайными эффектами проводится с помощью теста Хаусмана. Тестирование было проведено матричным способом с использованием преобразованных данных из построенных моделей с эффектами. Тест показал, что N равно 53,25, а N критическое равно 5,99.

Поскольку H критическое меньше найденного H , следовательно, наиболее адекватной панельным данным признается модель с фиксированными эффектами.

Следовательно, при сравнении объединенной модели против модели с фиксированными эффектами было выяснено, что предпочтительнее модель с фиксированными эффектами. При сравнении объединенной модели против модели со случайными эффектами – предпочтительнее объединенная модель. При сравнении модели со случайными эффектами против модели со случайными эффектами было выяснено, что предпочтительнее модель с фиксированными эффектами.

Результаты исследования

По результатам анализа наиболее предпочтительной является модель с фиксированными эффектами. Уравнение модели с фиксированными эффектами использовалось для построения прогноза по трем сценариям согласно отчету ВР «Energy Outlook 2020 edition»: «Rapid», «Net Zero», «Business as usual» [3]. По сценарию «Rapid» предполагается быстрое развитие и усиление мер по сокращению выбросов парниковых газов, увеличению доли возобновляемых источников энергии, а также внедрению эффективных технологий. Это может привести к значительному снижению выбросов в атмосферу, уменьшению зависимости от нефти и газа и стимулированию инноваций в энергетике. Сценарий «Net Zero» предполагает достижение нулевых выбросов парниковых газов за счет резкого сокращения использования ископаемых топлив, максимального внедрения возобновляемых источников энергии, улучшения энергоэффективности и развития технологий захвата и хранения углерода. А по сценарию «Business as usual» сохраняются текущие тенденции в энергетике без серьезных изменений в направлении снижения выбросов парниковых газов и развития возобновляемых источников энергии, что может привести к увеличению выбросов и усилению климатических изменений.

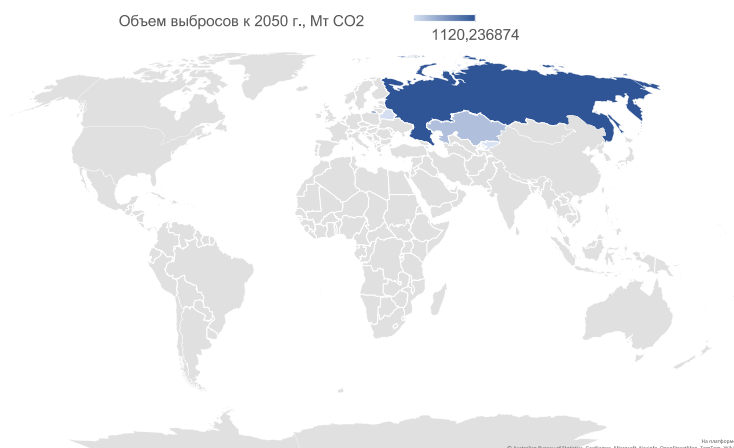


Рис. 1. Объем выбросов CO₂ к 2050 году по сценарию «Rapid», Мт CO₂ [3]

По данным рисунка 1 при сценарии «Rapid» наибольший объем выбросов наблюдается и будет наблюдаться в России, где потребляется и производится больше всего энергии. На втором месте по количеству выбросов углекислого газа в атмосферу в 2018 г. и к 2050 году находится Казахстан. Третье и четвертое места делят Беларусь и

Киргизстан. Меньше всего по количественному показателю у Армении, почти в 340 раз меньше, чем у России.

По рисункам 2 и 3 при сценарии «Rapid» наблюдается значительное сокращение выбросов CO₂ у Беларуси, России и Армении – около 35%, 39% и 52% соответственно. Казахстан и Киргизстан планируют сократить выбросы углекислого газа на 12% и 19% соответственно.

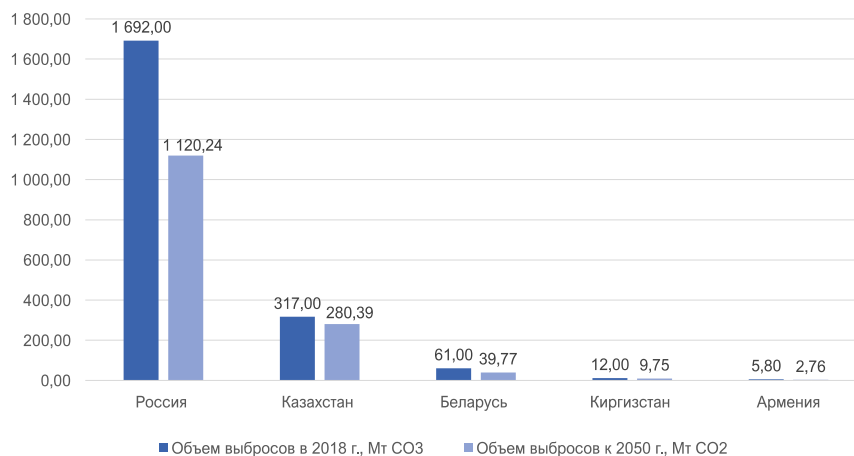


Рис. 2. Динамика выбросов CO₂ по сценарию «Rapid», Мт CO₂

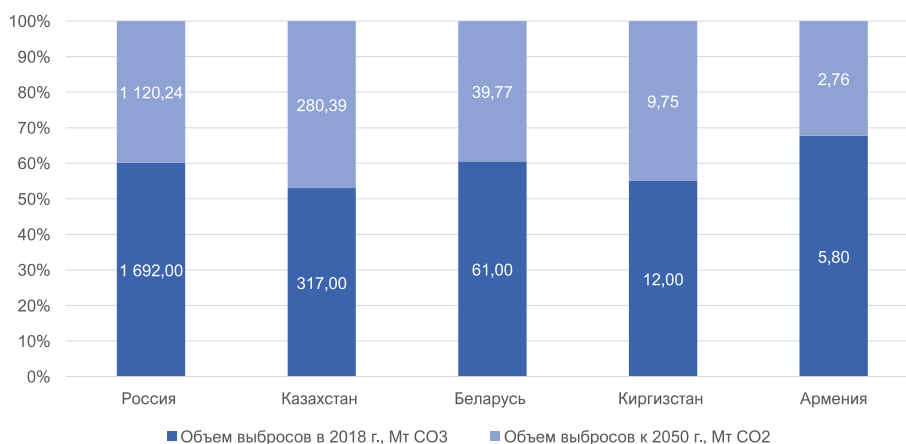


Рис. 3. Динамика выбросов CO₂ по сценарию «Rapid», %

По данным рисунка 4 градация стран по количеству выбросов CO₂ в атмосферу осталась такой же, как и на рисунке 1. А по рисункам 5 и 6 при сценарии «Net Zero» наблюдается значительное сокращение выбросов углекислого газа так же у Армении, но на 28%, что в половину меньше, чем при сценарии «Rapid». Сокращения у России на 24%, Киргизстана – 24%, Казахстана – 22%, Беларуси – 19%.

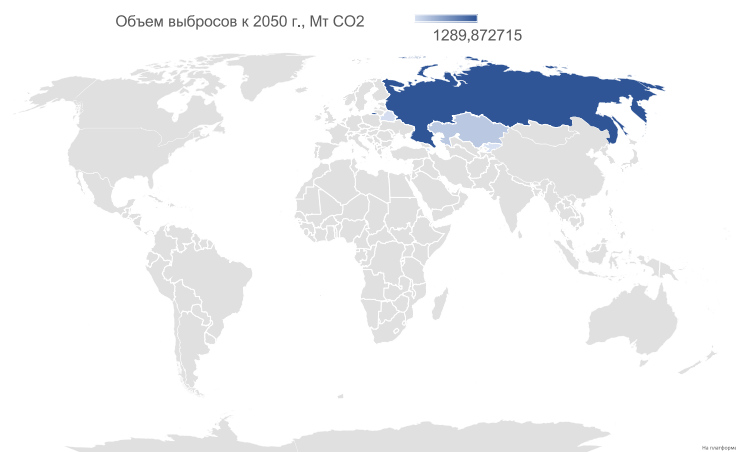


Рис. 4. Объем выбросов CO₂ к 2050 году по сценарию «Net Zero», Мт CO₂

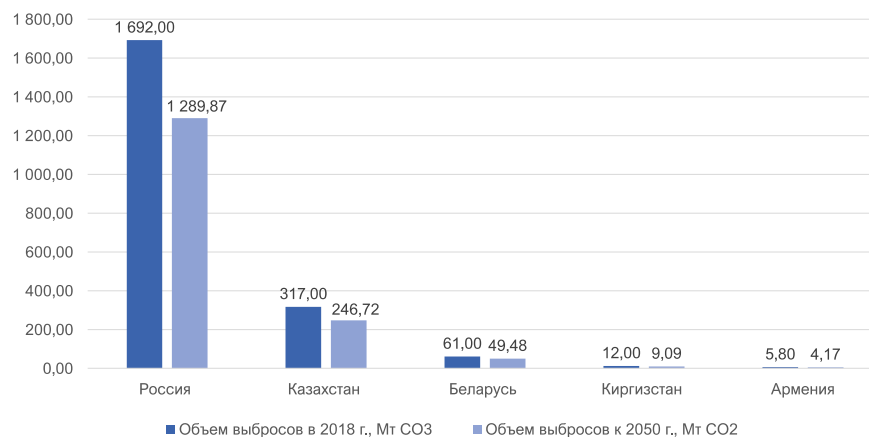


Рис. 5. Динамика выбросов CO₂ по сценарию «Net Zero», Мт CO₂

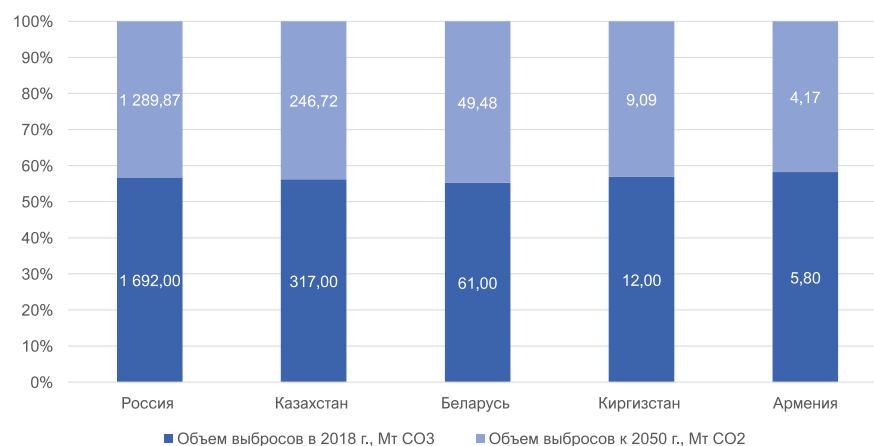


Рис. 6. Динамика выбросов CO₂ по сценарию «Net Zero», %

По данным рисунка 7 градация стран по количеству выбросов CO₂ в атмосферу осталась такой же, как и на рисунке 1 и 4. По рисункам 8 и 9 при сценарии «Business as usual» наблюдается значительное сокращение выбросов углекислого газа так же у

Армении, на 24%. Сокращения CO₂ у Киргизстана – 17%, России – 15%, Беларуси – 14%, Казахстана – 11%. Таким образом, наибольшее сокращения выбросов углекислого газа среди стран ЕАЭС наблюдается при сценарии развития «Rapid».

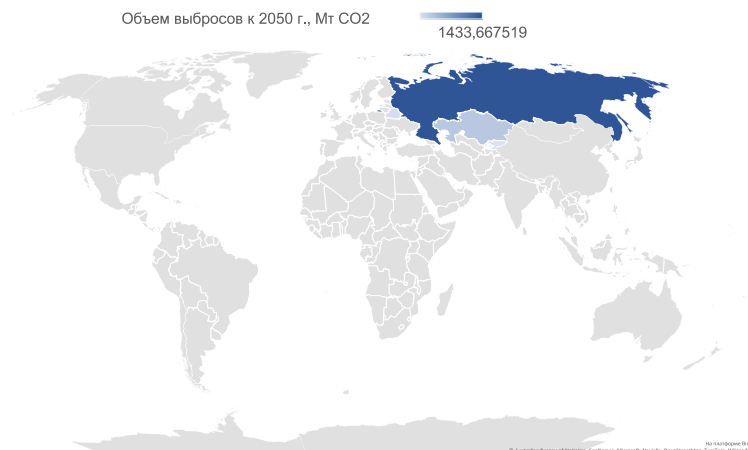


Рис. 7. Объем выбросов CO₂ к 2050 году по сценарию «Business as usual», Мт CO₂

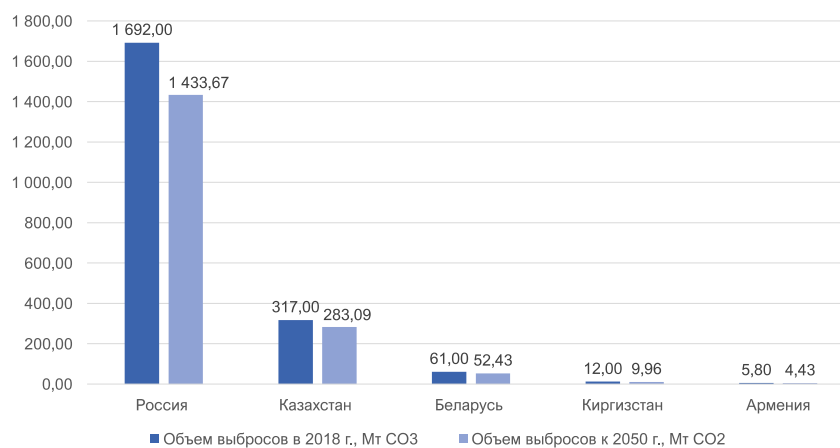


Рис. 8. Динамика выбросов CO₂ по сценарию «Business as usual», Мт CO₂

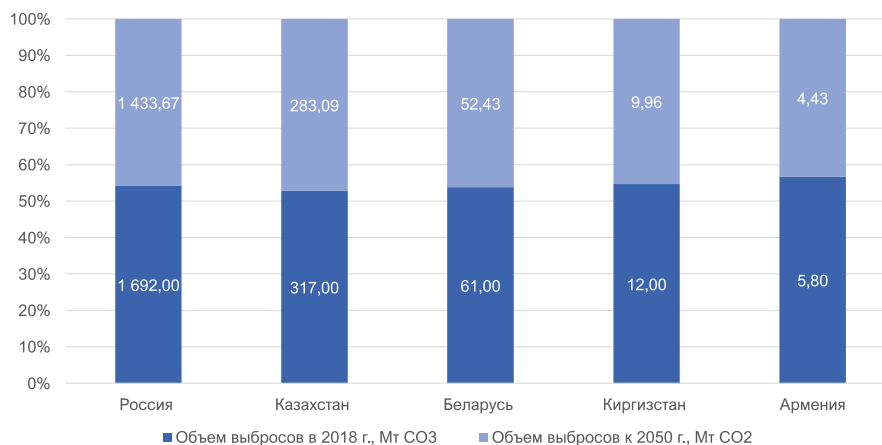


Рис. 9. Динамика выбросов CO₂ по сценарию «Business as usual», %

Также в работе был проведен анализ существующих систем торговли выбросами (Emission Trading System) [4]. В настоящий момент на территории ЕАЭС ETS разработана только в Казахстане. В Российской Федерации на территории Сахалинской области ведется активная разработка и тестирование системы торговли выбросами – эксперимент в данном регионе является пилотным проектом, который в случае успешной реализации может распространяться на другие субъекты Российской Федерации. ETS в Казахстане характеризуется следующим образом: область охвата – промышленность, энергетика; оффсеты и кредиты – внутри страны.

Казахстан запустил свою ETS (KAZ ETS) в январе 2013 года. Основа для развития ETS была заложена в 2011 году путем внесения изменений и дополнений в экологическое законодательство Казахстана. Система была временно приостановлена в 2016-2017 годах для решения операционных проблем и реформирования правил распределения, хотя обязательства MRV (по мониторингу, отчетности и верификации) по-прежнему действовали. В 2016 году были приняты поправки к «Экологическому кодексу», направленные на совершенствование системы MRV, а также общего регулирования выбросов парниковых газов и функционирования KAZ ETS. Дальнейшие поправки к «Экологическому кодексу» в 2017 году заложили основу для внедрения бенчмаркинга. KAZ ETS в настоящее время охватывает 199 установок, принадлежащих 128 операторам.

В 2021 году был опубликован Национальный план распределения на один год, в котором был установлен предельный уровень в 159,9 млн тонн CO₂. Система полностью перешла на бенчмаркинг, который в настоящее время является единственным методом распределения в KAZ ETS. Текущий Национальный план распределения на 2022-2025 годы устанавливает ограничение в размере 140,3 млн тонн CO₂ на 2022 год.

Целевые показатели по сокращению выбросов парниковых газов представлены следующие [5]: к 2030 году запланировано сокращение выбросов парниковых газов от 15% (безусловное) до 25% (условное) по сравнению с уровнями 1990 года (NDC); к 2050 году – сокращение выбросов CO₂ в энергетическом секторе на 40% по сравнению с уровнем 2012 года (Концепция перехода к зеленой экономике, 2013 год); к 2060 году – углеродная нейтральность (чистые нулевые выбросы CO₂).

Что касается характеристики ETS в России, то рассмотрим ее на примере Сахалина как испытательный полигон для определения мер регулирования выбросов парниковых газов, которые могут быть распространены на другие регионы России. Считается, что иностранные инвестиции являются наиболее передовым средством, их активное привлечение способствует ускорению роста экономического потенциала регионов страны и обеспечивает усиление перехода к конкурентоспособной модели развития [6]. В январе 2021 года Министерство экономического развития России совместно с правительством области утвердило «Дорожную карту по реализации эксперимента по установлению специального регулирования выбросов парниковых газов в Сахалинской области». Общая цель дорожной карты – обеспечить достижение Сахалином углеродной нейтральности к 2025 году. Среди других мер дорожная карта предусматривает пилотную систему торговли выбросами углерода, запуск которой ожидается в 2022 году. Концепция MRV, одобренная правительством Российской Федерации в 2015 году, и федеральный закон «Об

ограничении выбросов парниковых газов», принятый в 2021 году, закладывают основу для проведения процедур MRV на уровне предприятия и в регионах России.

В 2021 году были опубликованы результаты региональной инвентаризации выбросов и абсорбции парниковых газов на Сахалине, в которых уточняются виды экономической деятельности, в первую очередь ответственные за выбросы в регионе. Инвентаризация показала, что 95% выбросов связаны с энергетикой. Министерство экономического развития России в сотрудничестве с правительством Сахалина подготовило законопроект, который вводит обязательные требования к отчетности о выбросах для предприятий, выбрасывающих не менее 50 000 тонн CO₂, и обязывает их соблюдать выделенные квоты на выбросы.

Заключение

Таким образом, в ходе исследования была установлена прямая зависимость уровня выбросов CO₂ от объема потребления нефти, газа и угля в странах-участницах ЕАЭС. При реализации сценариев устойчивого развития доля высокоуглеродных источников энергии будет неуклонно сокращаться. В работе был проведен анализ модели панельных данных разными способами. При тестировании объединенной модели, модели с фиксированными эффектами и модели со случайными эффектами было определено, что наиболее применительно использование модели с фиксированными эффектами, которая учитывает страновую особенность. Уравнение именно этой модели было использовано для построения прогноза.

Прогноз был построен с учетом данных отчета Energy Outlook 2022 edition при трех сценариях развития: Rapid, Net Zero, Business as usual. Наибольшее сокращения выбросов углекислого газа среди стран ЕАЭС наблюдается при сценарии развития «Rapid». По каждому из сценариев значительное сокращение наблюдалось в Армении. Исходя из всех предпосылок, на сегодняшний день существуют лишь заявления о намерении вести совместную работу по объединению систем торговли выбросами Казахстана и Российской Федерации, но создание подобной системы на всей территории ЕАЭС на данный момент невозможно.

Благодаря использованию модели панельных данных появилась возможность подтвердить зависимость между производством высокоуглеродных энергетических ресурсов в ЕАЭС и уровнем выбросов углекислого газа в странах участницах и оценить степень влияния данных производств на уровень выбросов CO₂. Тестирование основных моделей позволило определить ключевые векторы для построения прогноза по изменению выбросов углекислого газа странами ЕАЭС на основе уже выведенного в работе уравнения регрессии.

Список литературы

1. Основы эконометрического моделирования: Учебное пособие. Изд. 2-е, испр. М.: КомКнига, 2006. 432 с.
2. Бабешко Л.О., Орлова И.В. Эконометрика и эконометрическое моделирование в Excel и R: учебник. М.: ИНФРА-М, 2022. 300 с.

3. Energy Outlook 2022 edition // Официальный сайт ВР. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook-2022.pdf> (дата обращения: 27.10.2023).
4. Global Carbon Atlas. [Электронный ресурс] URL: <http://www.globalcarbonatlas.org/ru/CO2-emissions> (дата обращения: 01.11.2023).
5. International Carbon Action Partnership. [Электронный ресурс] URL: <https://icapcarbonaction.com/en> (дата обращения: 27.10.2023).
6. Поздняков К.К. Теоретические основы механизма привлечения иностранных инвестиций в регионы РФ и обоснование их практической применимости: учебное пособие. М.: Финансовый университет, 2015. 174 с.