

pISSN 2073-2872
eISSN 2311-875X

Зарубежный опыт

ИНСТРУМЕНТЫ ПРАКТИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ КЛИМАТИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ В ОБЛАСТИ ТРАНСПОРТА: ЭКОНОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МИРОВОГО ОПЫТА*

Светлана Валерьевна РАТНЕР^{а,*},
Валерий Викторович ИОСИФОВ^б

^а доктор экономических наук, главный научный сотрудник,
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН (ИПУ РАН),
Москва, Российская Федерация
lanaratner@ipu.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3485-5595>
SPIN-код: 7840-4282

^б кандидат технических наук, доцент кафедры наземного транспорта и механики,
Кубанский государственный технологический университет (КубГТУ),
Краснодар, Российская Федерация
iosifov_v@mail.ru
ORCID: отсутствует
SPIN-код: 3558-0754

* Ответственный автор

История статьи:

Рег. № 453/2021
Получена 12.08.2021
Получена в
доработанном виде
27.08.2021
Одобрена 13.09.2021
Доступна онлайн
14.12.2021

УДК 338.2

JEL: C67, Q58

Аннотация

Предмет. Стандарты на выбросы парниковых газов сегодня признаны эффективным инструментом стимулирования развития альтернативных транспортных технологий, в первую очередь, электромобилей. Однако какие-либо количественные оценки их результативности в литературе отсутствуют, что частично объясняется недостатком статистических данных по разным странам.

Цели. Построение эконометрических моделей влияния введения стандартов на выбросы парниковых газов на динамику развития рынка электромобилей.

Методология. Информационной базой исследования послужили ежегодные отчеты Международного энергетического агентства о развитии рынка электромобилей и данные статистического центра Global EV Data Explorer. Проанализированы временные ряды показателей количества продаж электромобилей в различных странах мира. Построены смешанные модели, учитывающие авторегрессионную составляющую, описывающую внутреннюю динамику развития рынка электромобилей, и распределенное во времени влияние стимулирующих политик.

Результаты. Получены значения коэффициентов регрессии в моделях по различным странам, которые могут служить интервальными оценками при прогнозировании роста продаж электромобилей в России в случае формирования необходимых условий по развитию зарядной инфраструктуры и создания системы стимулов по выравниванию общей стоимости

Ключевые слова:
климатическая
политика, стандарты
на выбросы CO₂,
электромобили,
динамика продаж,
эконометрическое
моделирование,
модели
с распределенными
лагами

владения электромобилем и традиционного автомобиля с двигателем внутреннего сгорания.

Выводы. Такие интервальные оценки могут быть полезны при принятии решений относительно дальнейшего развития зарядной инфраструктуры, планировании загруженности мощностей по генерации электроэнергии, расчетах оптимальных объемов субсидий или налоговых льгот, выделяемых на поддержку развития электромобилей, оценки экономических последствий введения новых стандартов на выбросы CO₂ и т.д.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2021

Для цитирования: Ратнер С.В., Иосифов В.В. Инструменты практической реализации климатической политики в области транспорта: эконометрический анализ мирового опыта // *Национальные интересы: приоритеты и безопасность*. – 2021. – Т. 17, № 12. – С. 2272 – 2294.

<https://doi.org/10.24891/ni.17.12.2272>

Введение

Транспорт является одним из основных секторов мировой экономики, производящих существенное негативное воздействие на окружающую среду, в том числе на климат. На сегодняшний день он ответственен за 75% всех выбросов парниковых газов (ПГ) антропогенного характера. Львиную долю в общем количестве выбросов ПГ транспортного сектора составляют выбросы от автомобильного транспорта – около 74%¹ [1]. Именно поэтому национальные климатические политики многих государств мира уделяют большое внимание вопросам сокращения выбросов ПГ от транспорта, декларируя амбициозные цели и анонсируя различные практические инструменты их достижения [2, 3]. Одним из наиболее используемых инструментов реализации целей климатической политики в области транспорта является введение стандартов на выбросы CO₂ транспортными средствами, или стандартов топливной эффективности. Мировой опыт поэтапного ужесточения стандартов топливной эффективности и стандартов на выбросы ПГ уже доказал эффективность данного инструмента в различных социально-экономических и институциональных условиях [1, 3–5].

^{*} Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 20-010-00589 «Разработка методологии и инструментария оценки эффективности вариантов государственной поддержки инновационных транспортных технологий в контексте новой климатической политики России».

¹ Global EV Outlook 2020. Entering the decade of electric drive?
URL: <https://iea.org/reports/global-ev-outlook-2020>

Тем не менее следует отметить, что, вообще говоря, стандарты топливной эффективности и стандарты на выбросы ПГ для транспортных средств – это не один и тот же инструмент. Стандарты топливной эффективности нацелены на снижение удельного потребления углеводородного топлива и, как следствие, снижение выбросов ПГ. Однако снижение удельного потребления моторного топлива может частично компенсироваться увеличением количества автомобилей, находящихся в активном использовании, и увеличением интенсивности их использования. В литературе данный эффект хорошо известен и называется эффектом бумеранга или эффектом рикошета² [6]. С экономической точки зрения введение стандартов топливной эффективности всегда являлось вызовом для автомобильной промышленности, так как они стимулируют активную разработку и внедрение инновационных технологий, направленных на совершенствование уже действующих технических решений. Базовый принцип работы транспортного средства, а именно принцип работы от двигателя внутреннего сгорания (ДВС), при этом, как правило, не изменяется.

В свою очередь, требования стандартов на выбросы ПГ могут быть удовлетворены по-разному: 1) за счет повышения топливной эффективности (вариант, аналогичный ситуации, рассмотренной ранее); 2) за счет повышения качества топлива [7]; 3) за счет развития альтернативных технологий – автомобилей с электродвигателем, автомобилей на топливных элементах и т.д.³. Экономические эффекты от второго варианта удовлетворения растущих требований стандартов можно проследить на примере введения в Китае стандартов качества топлива China IV – China VI, которое сопровождалось реактивными инновациями в сфере нефтепереработки и производства моторного топлива и, как следствие, повышением цены на топливо [7]. Третий путь удовлетворения требований стандартов на выбросы ПГ, как правило, является наиболее предпочтительным с позиций инновационного развития автомобилестроения как отрасли мировой экономики, а также с экологической точки зрения [8–10].

Однако, несмотря на то, что стандарты на выбросы ПГ признаются эффективным инструментом стимулирования развития альтернативных транспортных технологий (в первую очередь электромобилей), каких-либо количественных оценок их результативности в этой сфере нами в

² Sorrell S., Dimitropoulos J. UKERC Review of Evidence for the Rebound Effect – Technical Report 2: Econometric studies. UK Energy Research Centre. 2007. URL: <https://ukerc.ac.uk/publications/ukerc-review-of-evidence-for-the-rebound-effect-technical-report-2-econometric-studies/>

³ Global EV Outlook 2021. Accelerating ambitions despite the pandemic. URL: <https://iea.org/reports/global-ev-outlook-2021>

литературе не выявлено. Например, ежегодные аналитические отчеты Международного энергетического агентства (МЭА) выделяют введение стандартов топливной эффективности на выбросы ПГ транспортными средствами в раздел государственных мер, направленных на стимулирование развития рынка электромобилей⁴. В то же время при построении долгосрочных прогнозов развития рынка ориентируются только на декларируемые цели и показатели по продажам электромобилей в различных странах. С одной стороны, такой подход частично объясняется недостатком статистических данных для разных стран. С другой стороны, за последние годы система мониторинга автомобильного рынка во многих странах и в первую очередь в странах Европейского Союза значительно усовершенствовалась. Благодаря этому появились новые открытые источники данных (например Global EV Data Explorer⁵) под эгидой МЭА, что позволяет применить к исследованию данного вопроса классические эконометрические подходы.

Итак, целью настоящей работы является построение количественных моделей влияния введения стандартов на выбросы ПГ на динамику развития мирового рынка электромобилей.

Материалы и методы

Информационной базой настоящего исследования послужили ежегодные отчеты МЭА о развитии рынка электромобилей⁶ и данные статистического центра Global EV Data Explorer. На первом этапе были проанализированы временные ряды показателей количества продаж электромобилей в Китае, Индии, в целом по странам Евросоюза (сумма по 12 странам, представленным в базе данных: Бельгии, Дании, Германии, Греции, Испании, Италии, Нидерландам, Польше, Португалии, Финляндии, Франции и Швеции) с 2011 по 2020 г. По всем странам, за исключением Индии, в динамике продаж электромобилей были выявлены монотонно возрастающие тренды (рис. 1–7).

Анализируя тренды по Китаю, отметим резкие скачки динамики продаж в 2013–2014 гг., а также в 2016–2017 гг., которые можно связать

⁴ Global EV Outlook 2020. Entering the decade of electric drive? URL: <https://iea.org/reports/global-ev-outlook-2020>; Global EV Outlook 2021. Accelerating ambitions despite the pandemic. URL: <https://iea.org/reports/global-ev-outlook-2021>; Global EV Outlook 2018. Toward cross-modal electrification. URL: <https://iea.org/reports/global-ev-outlook-2018>; Global EV Outlook 2019. Scaling-up the transition to electric mobility. URL: <https://iea.org/reports/global-ev-outlook-2019>

⁵ Global EV Data Explorer. URL: <https://iea.org/articles/global-ev-data-explorer>

⁶ Global EV Outlook 2020. Entering the decade of electric drive? URL: <https://iea.org/reports/global-ev-outlook-2020>; Global EV Outlook 2021. Accelerating ambitions despite the pandemic. URL: <https://iea.org/reports/global-ev-outlook-2021>; Global EV Outlook 2018. Toward cross-modal electrification. URL: <https://iea.org/reports/global-ev-outlook-2018>; Global EV Outlook 2019. Scaling-up the transition to electric mobility. URL: <https://iea.org/reports/global-ev-outlook-2019>

с поэтапным введением стандартов качества моторного топлива China IV и China V в 2013–2014 гг., а также разработкой стандарта China VI в 2016 г.⁷ [7].

Анализируя динамику продаж электромобилей в Индии, нетрудно заметить несколько резких скачков с последующими падениями, однако наиболее сильный скачок приходится на период 2015–2016 гг. Это связано с анонсированием в 2015 г. новых стандартов топливной эффективности и выбросов CO₂ для корпоративных автопарков⁸. Введение стандарта запланировано на 2022 г.

Что касается европейских стран, то в соответствующих временных рядах прослеживается явный резкий скачок продаж электромобилей в период с 2019 по 2020 г., что можно связать с анонсированием в 2019 г. Регламента ЕС 2019/631 в качестве обновления Регламента ЕС № 443/2009 на период после 2020 г. Согласно данному регламенту, выбросы CO₂ от новых легковых автомобилей должны быть сокращены на 15% до 2025 г. и на 37,5% до 2030 г. по сравнению с уровнем 2021 г., что соответствует 59,4 г CO₂/км. Наиболее значительный рост продаж (более чем в два раза по сравнению с предыдущим годом) произошел в Германии, Швеции, Италии, Франции и Дании.

Учитывая тот факт, что влияние новых стандартов выбросов имеет пролонгированный эффект (как из-за разницы между временем анонсирования и временем вступления в силу, так и из-за инерционности рынка), для оценки влияния этого инструмента на динамику рынка были использованы модели с распределенными лагами вида [11–13]:

$$Auto(t) = a_1 \cdot Policy(t) + a_2 \cdot Policy(t - 1) + \dots + \epsilon.$$

В качестве зависимой переменной выступает количество продаж электромобилей, а в качестве независимой – булева переменная, принимающая значение 0 или 1 в зависимости от того, анонсирован ли новый стандарт на выбросы ПГ или нет. Результаты построения моделей с распределенными лагами в пакете прикладных программ Statistica 12.0 приведены в *табл. 1*. Для удобства представления результатов имя зависимой переменной было составлено из двух частей, первая из которых обозначает тип электромобиля (BEV – аккумуляторный электромобиль, PHEV – гибридный электромобиль, EV – общее обозначение для аккумуляторных и гибридных электромобилей), а вторая – название страны.

⁷ Global EV Outlook 2020. Entering the decade of electric drive? URL: <https://iea.org/reports/global-ev-outlook-2020>; Global EV Outlook 2019. Scaling-up the transition to electric mobility. URL: <https://iea.org/reports/global-ev-outlook-2019>

⁸ Там же.

Как видно из значений коэффициента аппроксимации, а также критериальных статистик, оценивающих качество построенных моделей, все построенные модели хорошо описывают динамику исследуемого показателя (количества продаж) и являются статистически значимыми на уровне $p < 0,001$. Количество лагов в каждой модели подбиралось с учетом информационного критерия Акаике [11–13]; для всех временных рядов оптимальным количеством лагов оказалось 2. Коэффициенты регрессии в некоторых моделях значимы на уровне как минимум $p < 0,1$ для обоих лагов, а в некоторых – только для одного, что позволяет говорить о межстрановых различиях в отклике рынка на введение такой стимулирующей политики как стандарты на выбросы CO₂. Однако, несмотря на хорошие показатели критериальных статистик и высокий коэффициент аппроксимации, в построенных моделях с распределенными лагами прослеживается один существенный недостаток: в них не учитывается внутренняя динамика рынка. Анализируя *рис. 1–7*, нетрудно заметить, что временные ряды продаж электромобилей во всех странах, кроме Индии, могут быть описаны моделями авторегрессии.

Именно поэтому на втором этапе исследования были построены смешанные модели, которые учитывают авторегрессионную составляющую, описывающую внутреннюю динамику развития рынка электромобилей, и распределенное во времени влияние стимулирующих политик. Вид моделей аналогичен виду обычной модели множественной линейной регрессии [14, 15]:

$$Auto(t) = a_1 \cdot Auto(t - 1) + a_2 \cdot Policy(t) + a_3 \cdot Policy(t - 1) + \varepsilon,$$

а количество переменных, отвечающих за лаги, соответствует тому, которое было признано оптимальным в первоначальной модели с распределенными лагами.

Кроме определения коэффициентов регрессии, ППП Statistica 12.0 позволяет также вычислить факторные нагрузки каждого коэффициента регрессии, отражающие вклад каждой из переменных в общую модель (коэффициент β^*). Данная информация является важной при анализе того, что из рассматриваемых факторов – внутренняя динамика рынка или государственная политика стимулирования – оказали более заметное влияние на рост продаж электромобилей в той иной стране.

Результаты исследования

Коэффициенты регрессии построенных моделей, учитывающих как авторегрессионную составляющую динамики рынка электромобилей, так и влияние стимулирующих политик в форме стандартов на выбросы CO₂,

приведены в *табл. 2*. Статистическая значимость коэффициентов регрессии традиционно для эконометрических исследований указана звездочками. Знак «*» означает уровень статистической значимости $p = 0,1$, знак «**» соответствует уровню статистической значимости $p = 0,05$, знак «***» означает уровень статистической значимости $p = 0,01$ и выше.

Как видно из данных *табл. 2*, все построенные модели имеют высокий уровень статистической значимости критериальной статистики Фишера F , а также высокий уровень объясняющей способности. Наименьшую объясняющую способность имеет модель по Индии, что вполне коррелирует с характером и сроком введения анонсированных в 2015 г. стандартов на выбросы CO_2 . Напомним, что данные стандарты распространяются только на корпоративные автопарки и вступают в силу в 2022 г. Отсутствие статистической значимости коэффициента регрессии при переменной, представляющей собой временной ряд продаж электромобилей со сдвигом на один шаг назад (авторегрессионная составляющая), говорит об отсутствии выраженных трендов и развитии рынка электромобилей в Индии, что может быть связано с недостатком инфраструктурных и финансовых стимулов [16].

В то же время высокий уровень статистической значимости и высокая факторная нагрузка коэффициента при переменной, отражающей анонсирование стандартов на выбросы CO_2 годом ранее, говорит о том, что политика введения стандартов является действенной и оказывает положительное влияние на развитие рынка электромобилей. Похожая ситуация наблюдается в Дании. В модели, построенной для данной страны, коэффициент регрессии при переменной, отражающей внутреннюю динамику рынка, является не статистически значимым, а его факторная нагрузка минимальна. Коэффициенты регрессии при переменных, отражающих влияние стандартов, имеют высокую статистическую значимость и факторные нагрузки, причем наибольшее влияние стандартов проявляется на следующий год после их анонсирования.

В моделях для всех других стран и в целом для Евросоюза все коэффициенты регрессии являются статистически значимыми. Внутренняя динамика рынка оказывается более значимой, чем введение стандартов на выбросы в таких странах, как Китай, Бельгия, Финляндия, Германия, Италия, Нидерланды, Польша, Португалия, Испания и Швеция. Это свидетельствует о том, что в данных странах созданы необходимые инфраструктурные и финансовые условия для развития рынка электромобилей, которые позволяют обеспечить рост продаж даже в отсутствии дополнительных стимулов, таких как введение стандартов на выбросы CO_2 . Заметим, что ситуация в Португалии вообще является

уникальной, так как, согласно построенной модели, анонсирование стандартов оказало не положительное, а отрицательное влияние на высокую внутреннюю динамику развития рынка электромобилей. Скорее всего, это говорит не о том, что введение стандартов оказывает отрицательное влияние, а о том, что в предыдущие годы рынок электромобилей был перегрет другими различными стимулирующими мерами.

В таких же странах, как Франция и Греция, более существенную роль оказывает политика по сокращению выбросов CO₂, нежели внутренняя динамика рынка электромобилей. Что же касается ситуации в целом по Евросоюзу, то авторегрессионная составляющая и переменная, отражающая введение стандартов, имеют близкие факторные нагрузки с небольшим перевесом авторегрессионной составляющей.

Выводы

Несмотря на то, что построенные модели множественной линейной регрессии отражают ситуацию развития рынка электромобилей только в зарубежных странах, они также могут иметь определенные практические приложения к прогнозированию ситуации роста продаж электромобилей в России.

Полученные значения коэффициента регрессии при переменной, ответственной за внутреннюю динамику развития рынка, могут служить интервальными оценками при прогнозировании роста продаж электромобилей в России в случае формирования необходимых условий по развитию зарядной инфраструктуры и создания системы стимулов по выравниванию общей стоимости владения электромобилем (с учетом налогов, сборов, стоимости обслуживания и стоимости топлива – электроэнергии [17–20]) и традиционного автомобиля с ДВС.

На современном уровне развития технологий и при создании таких условий можно ожидать ежегодный прирост продаж от 60 (оценка по Китаю) до 229% (оценка по Португалии). Введение дополнительных стимулов в виде ограничений на выбросы CO₂ транспортными средствами может привести к дополнительным продажам в течении двух ближайших лет от даты анонсирования стандарта от 460 (оценка по Греции) до 390 000 (оценка по Китаю) ед. электромобилей. Для уточнения оценки эффекта от введения стандартов на выбросы необходимо ориентироваться на регрессионные коэффициенты при переменных $Policy(t)$ и $Policy(t - 1)$ тех стран, которые обладают рынком примерно такого же масштаба, как и Россия. Более точные оценки могут быть получены путем построения аналогичных по виду моделей, но для зависимой переменной, отражающей не абсолютные объемы продаж электромобилей, а их долю в новых

продажах. В настоящий момент имеющихся статистических данных для построения таких моделей недостаточно, однако благодаря отлаженной системе учета развития мирового электромобильного рынка, необходимые данные могут появиться в ближайшее время, поэтому уточнение прогнозов является перспективным направлением продолжения настоящего исследования.

Полученные интервальные оценки могут быть полезны при принятии решений относительно дальнейшего развития зарядной инфраструктуры, планировании загруженности мощностей по генерации электроэнергии, при расчетах оптимальных объемов субсидий или налоговых льгот, выделяемых на поддержку развития электромобилей, оценки экономических последствий введения новых стандартов на выбросы CO₂ и т.д.

Таблица 1

Модели с распределенными лагами с анонсированием новых стандартов топливной эффективности в качестве единственной независимой переменной

Table 1

Distributed lag-models with the announcement of new fuel economy standards as the only independent variable

Зависимая переменная	Кол-во лагов	R ²	F-статистика	p-уровень F-статистики	p-уровень t-статистики коэффициентов регрессии
BEV_China	2	0,94	56,75	0,000047	Лар 0: 0,11988 Лар 1: 0,01697
EV_China	2	0,96	37,53	0,000181	Лар 0: 0,17320 Лар 1: 0,04357
BEV_India	2	0,89	30,88	0,000337	Лар 0: 0,40849 Лар 1: 0,04846
BEV_EU	2	0,93	40,7	0,00014	Лар 0: 0,00713 Лар 1: 0,01621
PHEV_EU	2	0,9	32,65	0,000282	Лар 0: 0,06944 Лар 1: 0,00522
EV_EU	2	0,91	36,66	0,000195	Лар 0: 0,02133 Лар 1: 0,00878
BEV_Belgium	2	0,91	34,56	0,000236	Лар 0: 0,02225 Лар 1: 0,01405
BEV_Denmark	2	0,9	32,54	0,000282	Лар 0: 0,06944 Лар 1: 0,00522
BEV_Finland	2	0,95	75,55	0,000018	Лар 0: 0,00154 Лар 1: 0,00319
BEV_France	2	0,84	18,53	0,001599	Лар 0: 0,06305 Лар 1: 0,04407
BEV_Germany	2	0,95	63,49	0,000033	Лар 0: 0,01017 Лар 1: 0,00138
BEV_Greece	2	0,97	65,63	0,000875	Лар 0: 0,03667 Лар 1: 0,00493
BEV_Italy	2	0,97	118,08	0,000044	Лар 0: 0,00198 Лар 1: 0,00022

<i>BEV_Netherland</i>	2	0,93	44,27	0,000106	Лар 0: 0,00047 Лар 1: 0,49534
<i>BEV_Poland</i>	2	0,93	44,05	0,000108	Лар 0: 0,00489 Лар 1: 0,01664
<i>BEV_Portugal</i>	2	0,78	12,33	0,00508	Лар 0: 0,00111 Лар 1: 0,00111
<i>BEV_Spain</i>	2	0,88	25,93	0,00058	Лар 0: 0,01099 Лар 1: 0,07928
<i>BEV_Sweden</i>	2	0,92	40,69	0,00014	Лар 0: 0,00308 Лар 1: 0,04511

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 2

Коэффициенты регрессии, факторные нагрузки и критериальные статистики моделей влияния стандартов на выбросы CO₂ на динамику продаж электромобилей

Table 2

Regression coefficients, factor loading and test statistics of models of the impact of the standards on CO₂ emissions on the dynamics of sales of electric vehicles

Страна	<i>EV(t – 1)</i>	β_1^*	<i>Policy(t)</i>	β_2^*
Китай	0,6**	0,57	–	–
Индия	–0,36	–0,37	–	–
ЕС	1,5***	0,57	–	–
Бельгия	1,15***	0,64	937,5***	0,4
Дания	0,21	0,08	1 420,9**	0,4
Финляндия	1,45***	0,64	743,5***	0,24
Франция	1,2**	0,52	–	–
Германия	1,64***	0,56	–	–
Греция	1,04***	0,3	88,55**	0,18
Италия	2,18***	0,71	–	–
Нидерланды	2,6***	1,88	–	–
Польша	1,3***	0,63	762,2**	0,21
Португалия	2,29***	1,74	3 177,24***	–0,44
Испания	1,62***	0,9	–	–
Швеция	1,42***	0,77	–	–

Продолжение таблицы

Страна	<i>Policy(t – 1)</i>	β_3^*	F	p	R ²
Китай	391 157,3*	0,42	35,96	0,00021	0,91
Индия	1 407,3***	1,03	9,52	0,01005	0,73
ЕС	459 276***	0,49	465,13	0	0,99
Бельгия	–	–	213,26	0	0,98
Дания	2 406,61**	0,58	35,73	0,00056	0,93
Финляндия	716,3**	0,17	525,8	0	0,99
Франция	56 568,3***	0,57	923,64	0	0,99
Германия	90 754,84***	0,49	662,41	0	0,99

Греция	383,13***	0,59	329,63	0	0,99
Италия	9 639,09***	0,3	800,61	0	0,99
Нидерланды	87 785,9***	–1,03	913,6	0	0,99
Польша	1 008,1**	0,21	296,39	0	0,99
Португалия	–4 330,67***	–0,45	225,1	0	0,99
Испания	2 138,58*	0,1	594,26	0	0,99
Швеция	5 446,9***	0,25	644,86	0	0,99

Примечание. * – уровень статистической значимости $p = 0,1$; ** – уровень статистической значимости $p = 0,05$; *** – уровень статистической значимости $p = 0,01$ и выше.

Источник: авторская разработка

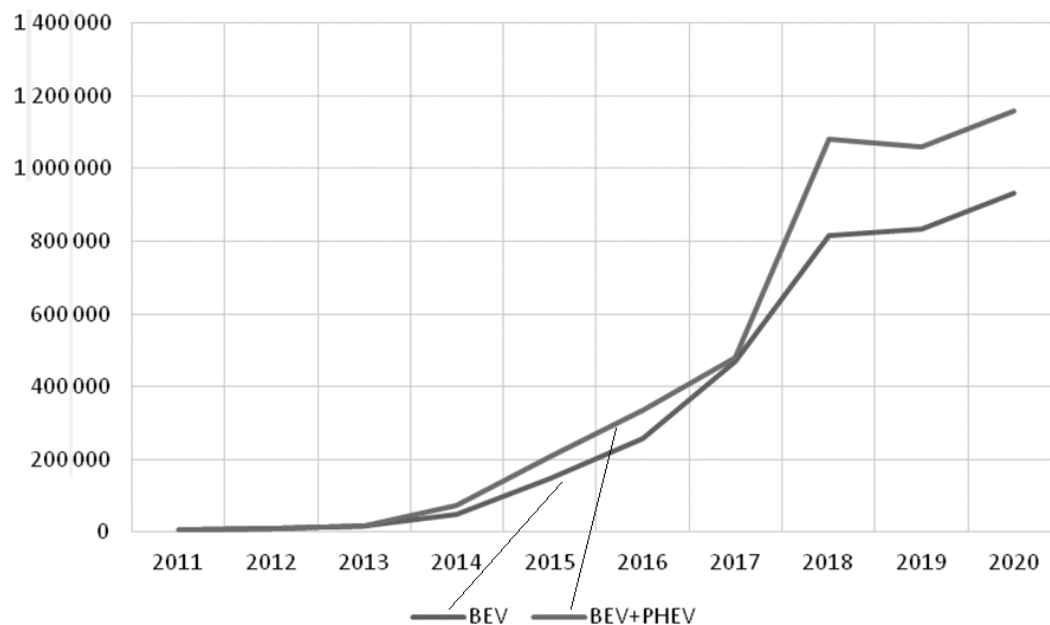
Source: Authoring

Рисунок 1

Динамика роста ежегодных продаж электромобилей в Китае (BEV – автомобили с аккумуляторами, PHEV – гибридные автомобили с подзарядкой), 2011–2020 гг.

Figure 1

Dynamics of growth in annual sales of electric vehicles in China (BEV – cars with batteries, PHEV – hybrid cars with recharging), 2011–2020



Источник: построено авторами по данным Global EV Data Explorer.

URL: <https://iea.org/articles/global-ev-data-explorer>

Source: Authoring, based on Global EV Data Explorer.

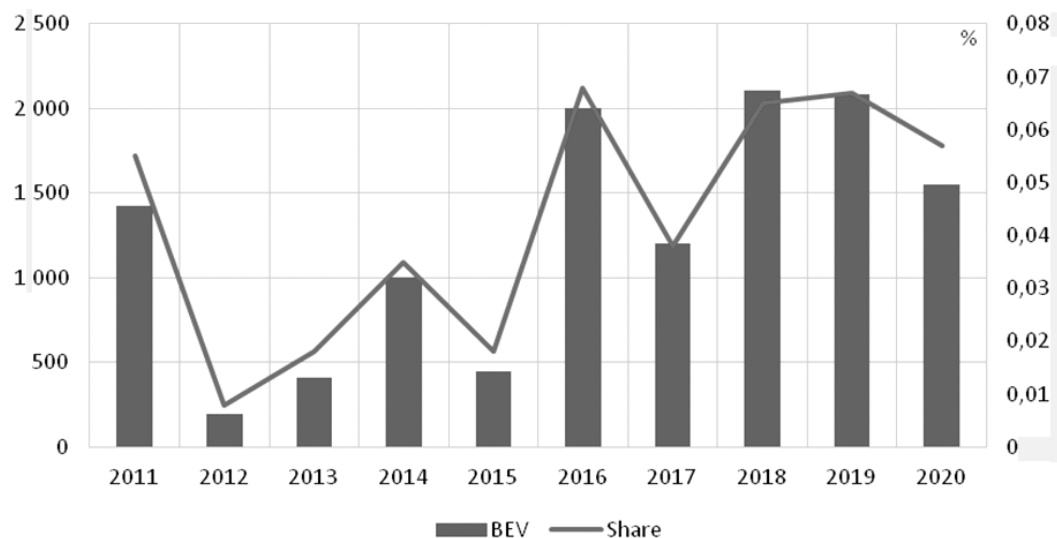
URL: <https://iea.org/articles/global-ev-data-explorer>

Рисунок 2

Динамика продаж электромобилей (BEV) и динамика доли электромобилей (Share) в продажах новых автомобилей в Индии, 2011–2020 гг.

Figure 2

Dynamics of sales of electric vehicles (BEV) and dynamics of the share of electric vehicles (Share) in sales of new cars in India, 2011–2020



Источник: построено авторами по данным Global EV Data Explorer.

URL: <https://iea.org/articles/global-ev-data-explorer>

Source: Authoring, based on Global EV Data Explorer.

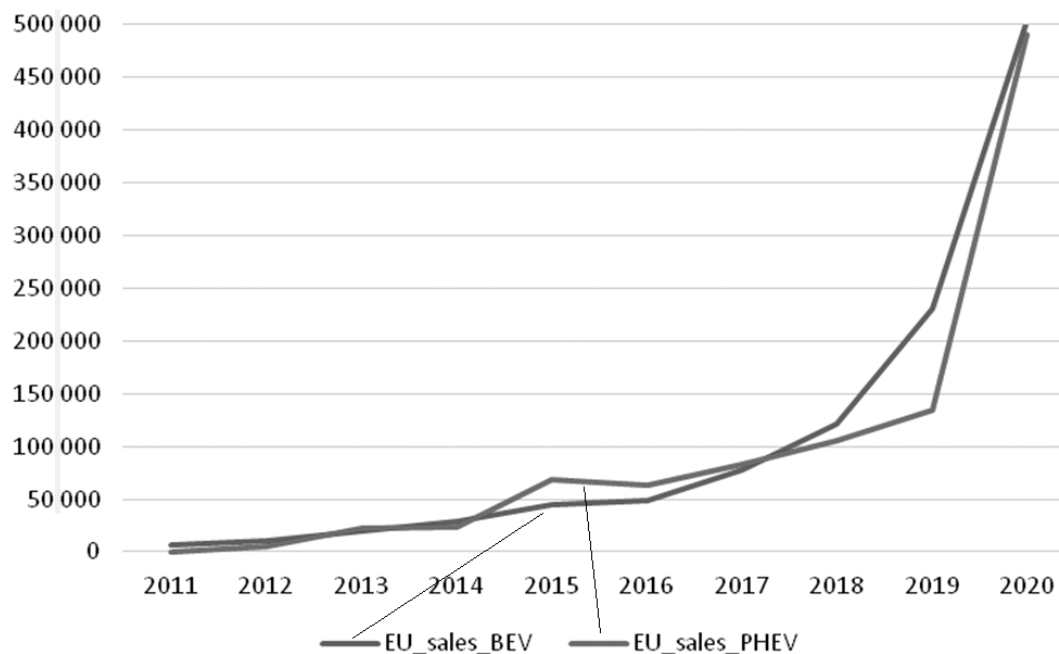
URL: <https://iea.org/articles/global-ev-data-explorer>

Рисунок 3

**Динамика продаж электромобилей в странах Европейского союза
(BEV – автомобили с аккумуляторами, PHEV – гибридные автомобили
с подзарядкой), 2011–2020 гг.**

Figure 3

**Dynamics of sales of electric vehicles in the European Union (BEV – cars with batteries,
PHEV – hybrid cars with recharging), 2011–2020**



Источник: построено авторами по данным Global EV Data Explorer.

URL: <https://iea.org/articles/global-ev-data-explorer>

Source: Authoring, based on Global EV Data Explorer.

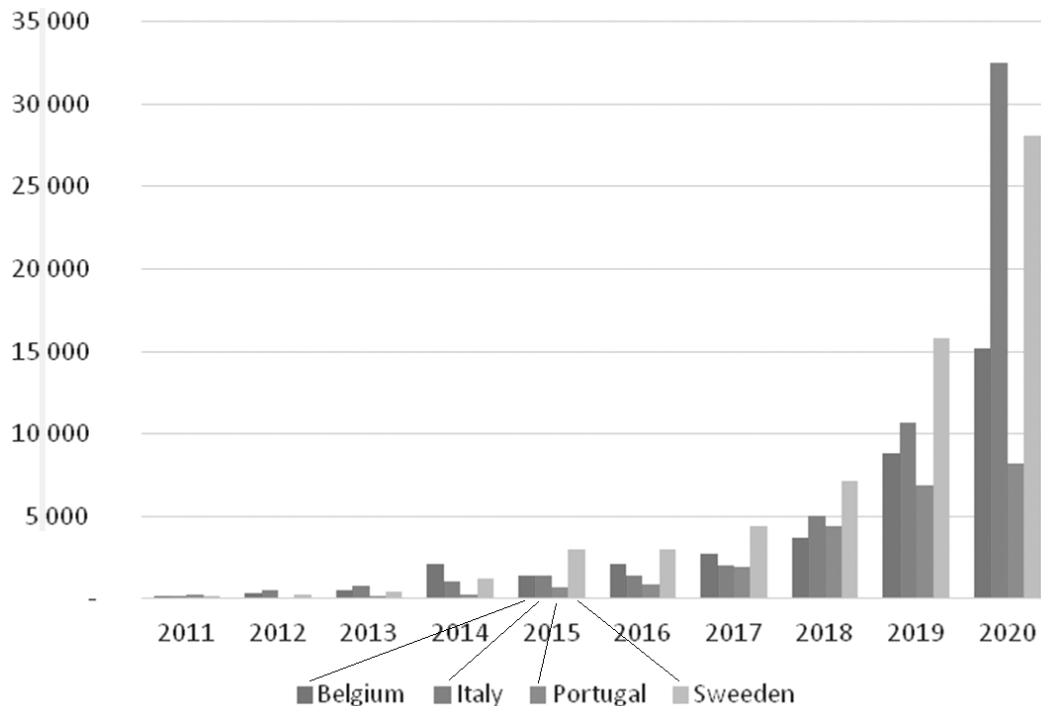
URL: <https://iea.org/articles/global-ev-data-explorer>

Рисунок 4

Динамика продаж электромобилей в Бельгии, Италии, Португалии и Швеции, 2011–2020 гг.

Figure 4

Dynamics of sales of electric vehicles in Belgium, Italy, Portugal and Sweden, 2011–2020



Источник: построено авторами по данным Global EV Data Explorer.

URL: <https://iea.org/articles/global-ev-data-explorer>

Source: Authoring, based on Global EV Data Explorer.

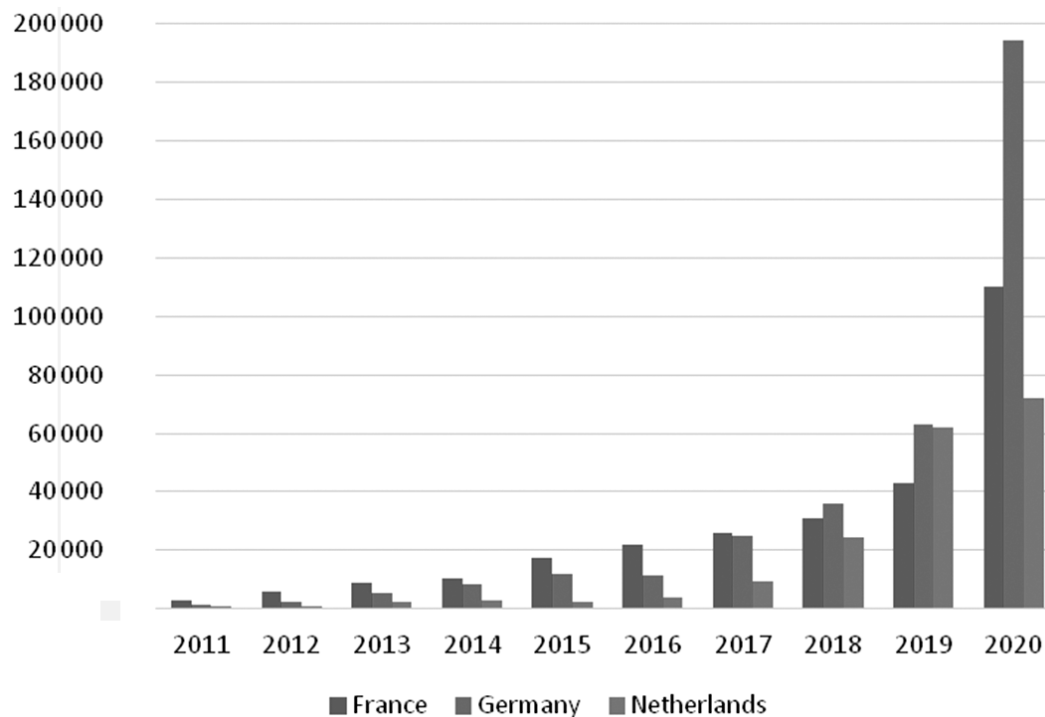
URL: <https://iea.org/articles/global-ev-data-explorer>

Рисунок 5

Динамика продаж электромобилей во Франции, Германии и Нидерландах, 2011–2020 гг.

Figure 5

Dynamics of sales of electric vehicles in France, Germany and the Netherlands, 2011–2020



Источник: построено авторами по данным Global EV Data Explorer.

URL: <https://iea.org/articles/global-ev-data-explorer>

Source: Authoring, based on Global EV Data Explorer.

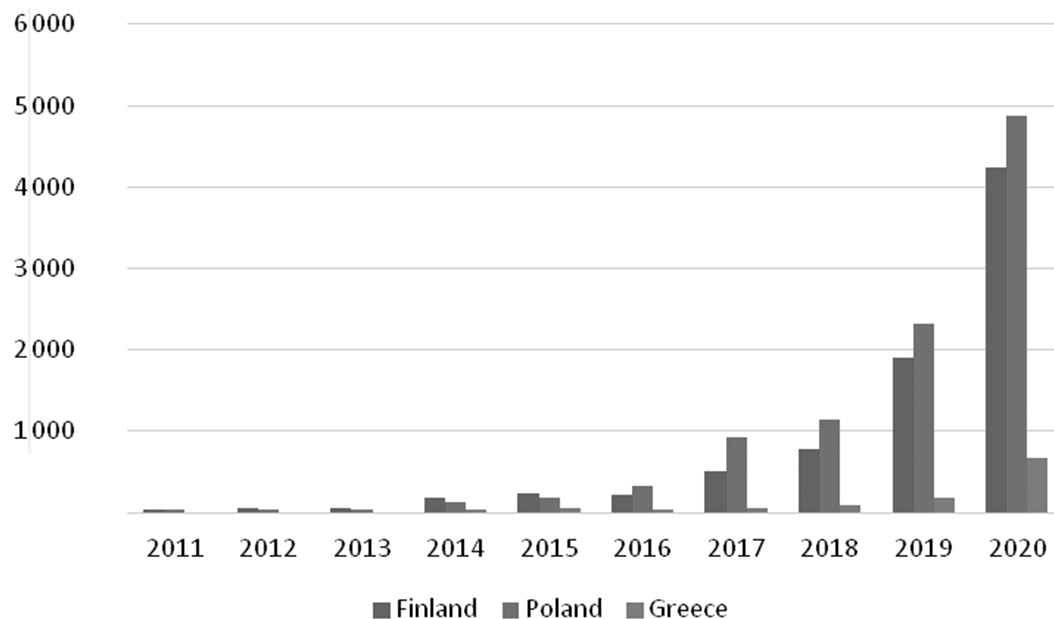
URL: <https://iea.org/articles/global-ev-data-explorer>

Рисунок 6

Динамика продаж электромобилей в Финляндии, Польше и Греции, 2011–2020 гг.

Figure 6

Dynamics of sales of electric vehicles in Finland, Poland and Greece, 2011–2020



Источник: построено авторами по данным Global EV Data Explorer.

URL: <https://iea.org/articles/global-ev-data-explorer>

Source: Authoring, based on Global EV Data Explorer.

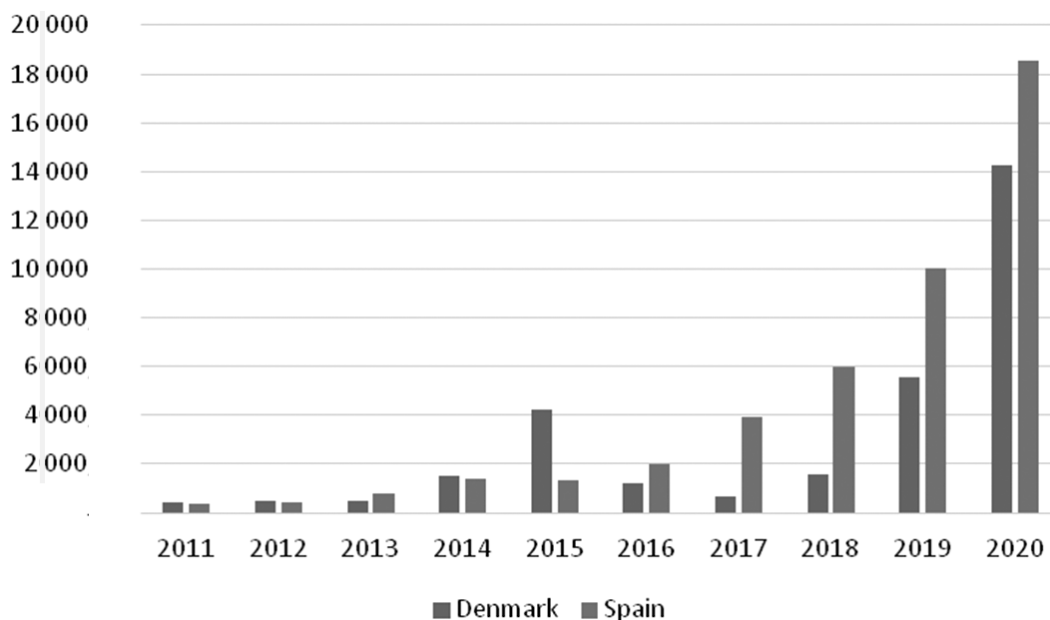
URL: <https://iea.org/articles/global-ev-data-explorer>

Рисунок 7

Динамика продаж электромобилей в Дании и Испании, 2011–2020

Figure 7

Dynamics of sales of electric vehicles in Denmark and Spain, 2011–2020



Источник: построено авторами по данным Global EV Data Explorer.

URL: <https://iea.org/articles/global-ev-data-explorer>

Source: Authoring, based on Global EV Data Explorer.

URL: <https://iea.org/articles/global-ev-data-explorer>

Список литературы

1. *Li P., Lu Y., Wang J.* The effects of fuel standards on air pollutions: Evidence from China // *Journal of Development Economics*. 2020. Vol. 146. Article 102488. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2020.102488>
2. *Иосифов В.В., Ратнер П.Д.* Вопросы согласования стратегий развития инновационных транспортных средств и ВИЭ в контексте новой климатической политики России // *Друkerовский вестник*. 2020. № 2. С. 176–186. URL: <http://drucker.npi-tu.ru/assets/files/dv-2020-2/16IosifovRatner176-186.pdf>
3. *Fritz M., Plötz P., Funke S.A.* The impact of ambitious fuel economy standards on the market uptake of electric vehicles and specific CO₂ emissions // *Energy Policy*. 2019. Vol. 135. Article 111006. URL: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.111006>
4. *Greene D.L., Sims C.B., Muratori M.* Two trillion gallons: fuel savings from fuel economy improvements to US light-duty vehicles, 1975–2018 // *Energy*

- Policy. 2020. Vol. 142. Article 111517.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111517>
5. Kleit A.N. Impacts of long-range increases in the fuel economy (CAFE) standard // *Economic Inquiry*. 2004. Vol. 42. P. 279–294.
URL: <https://doi.org/10.1093/ei/cbh060>
 6. Dimitropoulos A., Oueslati W., Sintek C. The rebound effect in road transport: a meta-analysis of empirical studies // *Energy Economics*. 2018. Vol. 75. P. 163–179. 1. URL: <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.07.021>
 7. Иосифов В.В. Стандарты топливной эффективности как инструмент достижения целей климатической политики: анализ результативности // *Экономический вестник ИПУ РАН*. 2021. Т. 2. № 1. С. 40–52.
URL: <https://doi.org/10.25728/econbull.2021.1.4-iosifov>
 8. Ратнер С.В. Управление инновациями на предконкурентных стадиях: опыт реализации многосторонних технологических инициатив в области альтернативного транспорта // *Экономический анализ: теория и практика*. 2018. Т. 17. Вып. 5. С. 820–835.
URL: <https://doi.org/10.24891/ea.17.5.820>
 9. Lehtveer M., Brynolf S., Grahn M. What Future for Electrofuels in Transport? Analysis of Cost Competitiveness in Global Climate Mitigation. *Environmental Science & Technology*, 2019, vol. 53, no. 3, pp. 690–697.
URL: <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b05243>
 10. Hasan M.A., Abubakar I.R., Rahman S.M. et al. The synergy between climate change policies and national development goals: Implications for sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 2020, vol. 249, no. 119369.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119369>
 11. Kiviet F.J., Dufour J.-M. Exact test in single equation autoregressive distributed lag models. *Journal of Econometrics*, 1997, vol. 80, iss. 2, pp. 325–353. URL: [https://doi.org/10.1016/S0304-4076\(97\)00048-1](https://doi.org/10.1016/S0304-4076(97)00048-1)
 12. Гребенюк Е.А. Построение моделей, описывающих динамику изменения во времени концентраций загрязняющих веществ в атмосфере // *Проблемы управления*. 2008. № 6. С. 42–50.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/postroenie-modeley-opisyvayuschih-dinamiku-izmeneniya-vo-vremeni-kontsentratsiy-zagryaznyayuschih-veschestv-v-atmosfere>
 13. Pagano M., Hartley M.J. On fitting distributed lag models subject to polynomial restrictions // *Journal of Econometrics*. 1981. Vol. 16. Iss. 2. P. 171–198. URL: [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(81\)90106-8](https://doi.org/10.1016/0304-4076(81)90106-8)

14. Lee J.G. *Computational Materials Science: An Introduction*. CRC Press, 2016, 376 p.
15. Santner T., Williams B., Notz W. *The Design and Analysis of Computer Experiments*. Springer, 2003, 236 p.
16. Ратнер С.В., Иосифов В.В. Государственная поддержка развития электромобилей: субсидирование или инфраструктурные стимулы // Финансовая аналитика: проблемы и решения. 2019. Т. 12. Вып. 4. С. 372–387. URL: <https://doi.org/10.24891/fa.12.4.372>
17. Davies H., Santos G., Faye I. et al. Establishing the Transferability of Best Practice in EV Policy across EU Borders. *Transportation Research Procedia*, 2016, no. 14, pp. 2574–2583.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.350>
18. Bonges H.A., Lusk A.C. Addressing electric vehicle (EV) sales and range anxiety through parking layout, policy and regulation. *Transportation Research, Part A: Policy and Practice*, 2016, no. 83, pp. 63–73.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.09.011>
19. Lopez-Behar D., Tran M., Froese T. et al. Charging infrastructure for electric vehicles in Multi-Unit Residential Buildings: Mapping feedbacks and policy recommendations. *Energy Policy*, 2019, vol. 126, pp. 444–451.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.10.030>
20. Held T., Gerrits L. On the road to electrification – A qualitative comparative analysis of urban e-mobility policies in 15 European cities. *Transport Policy*, 2019, no. 81(C), pp. 12–23.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2019.05.014>

Информация о конфликте интересов

Мы, авторы данной статьи, со всей ответственностью заявляем о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.

pISSN 2073-2872
eISSN 2311-875X

Foreign Experience

TOOLS FOR PRACTICAL IMPLEMENTATION OF CLIMATE POLICY IN TRANSPORT: ECONOMETRIC ANALYSIS OF GLOBAL EXPERIENCE

Svetlana V. RATNER ^{a,*},
Valerii V. IOSIFOV ^b

^a V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences (ICS RAS),
Moscow, Russian Federation
lanaratner@ipu.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3485-5595>

^b Kuban State Technological University (KUBSTU),
Krasnodar, Krasnodar Krai, Russian Federation
iosifov_v@mail.ru
ORCID: not available

* Corresponding author

Article history:

Article No. 453/2021
Received 12 Aug 2021
Received in revised
form 27 August 2021
Accepted 13 Sept 2021
Available online
14 December 2021

JEL classification:
C67, Q58

Keywords: climate
policy, CO₂ emission
standards, electric car,
sales dynamics,
econometric
modeling

Abstract

Subject. The article addresses the standards for greenhouse gas emissions that are currently considered as an effective tool for stimulating the development of alternative transport technologies. However, quantitative evaluation of their effectiveness is not available, which is partially explained by the lack of statistical information from different countries.

Objectives. The purpose is to build econometric models of the influence of these standards on the electric car market development.

Methods. The annual reports of the International Energy Agency on the development of the electric car market and the data of the Global EV Data Explorer statistics center serve as the information base of the study. We analyzed time series for indicators of sales of electric cars in different countries and built mixed models, considering the auto-regression component, which helps describe the internal dynamics of the electric car market.

Results. The obtained regression coefficients in models for various countries can be used as interval evaluations for forecasting the growth of electric car sales in Russia, given the necessary conditions for developing a charging infrastructure and creating a system of incentives to match the cost of electric cars to that of traditional vehicles.

Conclusions. These interval evaluations may be useful for further decisions on the development of charging infrastructure, planning for resource use for electricity generation, calculating optimal subsidy or tax relief to support electric cars, evaluating the economic consequences of introducing the new standards on CO₂ emissions, etc.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2021

Please cite this article as: Ratner S.V., Iosifov V.V. Tools for Practical Implementation of Climate Policy in Transport: Econometric Analysis of Global Experience. *National Interests: Priorities and Security*, 2021, vol. 17, iss. 12, pp. 2272–2294.
<https://doi.org/10.24891/ni.17.12.2272>

Acknowledgments

The article was supported by the Russian Foundation for Basic Research, project № 20-010-00589, *Development of Methodology and Tools to Assess the Effectiveness of Options for State Support to Innovative Transport Technologies in the Context of the New Climate Policy of Russia*.

References

1. Li P., Lu Y., Wang J. The effects of fuel standards on air pollutions: Evidence from China. *Journal of Development Economics*, 2020, vol. 146, no. 102488. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jdevco.2020.102488>
2. Iosifov V.V., Ratner P.D. [The issues of concurrent development of EV and RES in the context of Russian new climate policy]. *Drukerovskii vestnik*, 2020, no. 2, pp. 176–186. URL: <http://drucker.npi-tu.ru/assets/files/dv-2020-2/16IosifovRatner176-186.pdf> (In Russ.)
3. Fritz M., Plötz P., Funke S.A. The impact of ambitious fuel economy standards on the market uptake of electric vehicles and specific CO₂ emissions. *Energy Policy*, 2019, vol. 135, no. 111006. URL: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.111006>
4. Greene D.L., Sims C.B., Muratori M. Two trillion gallons: Fuel savings from fuel economy improvements to US light-duty vehicles, 1975–2018. *Energy Policy*, 2020, vol. 142, no. 111517. URL: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111517>
5. Kleit A.N. Impacts of long-range increases in the fuel economy (CAFE) standard. *Economic Inquiry*, 2004, vol. 42, pp. 279–294. URL: <https://doi.org/10.1093/ei/cbh060>
6. Dimitropoulos A., Oueslati W., Sintek C. The rebound effect in road transport: A meta-analysis of empirical studies. *Energy Economics*, 2018, vol. 75, pp. 163–179. URL: <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.07.021>
7. Iosifov V.V. [Fuel efficiency standards as a tool for achieving climate policy goals: Performance analysis]. *Ekonomicheskii vestnik IPU RAN*, 2021, vol. 2, no. 1, pp. 40–52. (In Russ.) URL: <https://doi.org/10.25728/econbull.2021.1.4-iosifov>
8. Ratner S.V. [Managing the innovation at pre-competitive stages: Experience in implementation of multilateral technological initiatives in the sphere of

- alternative transport]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika = Economic Analysis: Theory and Practice*, 2018, vol. 17, iss. 5, pp. 820–835. (In Russ.) URL: <https://doi.org/10.24891/ea.17.5.820>
9. Lehtveer M., Brynolf S., Grahn M. What Future for Electrofuels in Transport? Analysis of Cost Competitiveness in Global Climate Mitigation. *Environmental Science & Technology*, 2019, vol. 53, no. 3, pp. 690–697. URL: <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b05243>
10. Hasan M.A., Abubakar I.R., Rahman S.M. et al. The synergy between climate change policies and national development goals: Implications for sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 2020, vol. 249, no. 119369. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119369>
11. Kiviet F.J., Dufour J.-M. Exact test in single equation autoregressive distributed lag models. *Journal of Econometrics*, 1997, vol. 80, iss. 2, pp. 325–353. URL: [https://doi.org/10.1016/S0304-4076\(97\)00048-1](https://doi.org/10.1016/S0304-4076(97)00048-1)
12. Grebenyuk E.A. [The models of pollution concentration time changes in atmosphere]. *Problemy upravleniya = Problems of Management*, 2008, no. 6, pp. 42–50. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/postroenie-modeley-opisyvayuschih-dinamiku-izmeneniya-vo-vremeni-kontsentratsiy-zagryaznyayuschih-veschestv-v-atmosfere> (In Russ.)
13. Pagano M., Hartley M.J. On fitting distributed lag models subject to polynomial restrictions. *Journal of Econometrics*, 1981, vol. 16, iss. 2, pp. 171–198. URL: [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(81\)90106-8](https://doi.org/10.1016/0304-4076(81)90106-8)
14. Lee J.G. *Computational Materials Science: An Introduction*. CRC Press, 2016, 376 p.
15. Santner T., Williams B., Notz W. *The Design and Analysis of Computer Experiments*. Springer, 2003, 236 p.
16. Ratner S.V., Iosifov V.V. [State support to electric vehicle development: Subsidizing vs infrastructure incentives]. *Finansovaya analitika: problemy i resheniya = Financial Analytics: Science and Experience*, 2019, vol. 12, iss. 4, pp. 372–387. (In Russ.) URL: <https://doi.org/10.24891/fa.12.4.372>
17. Davies H., Santos G., Faye I. et al. Establishing the Transferability of Best Practice in EV Policy across EU Borders. *Transportation Research Procedia*, 2016, no. 14, pp. 2574–2583. URL: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.350>
18. Bonges H.A., Lusk A.C. Addressing electric vehicle (EV) sales and range anxiety through parking layout, policy and regulation. *Transportation Research, Part A: Policy and Practice*, 2016, no. 83, pp. 63–73. URL: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.09.011>

19. Lopez-Behar D., Tran M., Froese T. et al. Charging infrastructure for electric vehicles in Multi-Unit Residential Buildings: Mapping feedbacks and policy recommendations. *Energy Policy*, 2019, vol. 126, pp. 444–451.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.10.030>
20. Held T., Gerrits L. On the road to electrification – A qualitative comparative analysis of urban e-mobility policies in 15 European cities. *Transport Policy*, 2019, no. 81(C), pp. 12–23.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2019.05.014>

Conflict-of-interest notification

We, the authors of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.