

Прогнозная оценка потенциального рынка электромобилей и эффектов снижения выбросов парниковых газов в России

Н. С. Колян  , А. Е. Плесовских , Р. В. Гордеев 

Сибирский федеральный университет,
г. Красноярск, Россия

 nelly.kolyan@gmail.com

Аннотация. В последние десятилетия особый интерес вызывают возможности глобального перехода к использованию транспортных средств на электрической тяге и сопряженные с данным процессом экологические эффекты. Несмотря на значительный массив научной литературы по теме перспектив распространения электротранспорта в России, существует определенный дефицит исследований, направленных на количественную оценку потенциала данного рынка. Целью настоящей работы является прогнозирование объема рынка электромобилей и оценка эффектов снижения выбросов парниковых газов в России. В исследовании тестируются следующие гипотезы: 1) модель Басса применима для прогнозирования распространения электромобилей в России в долгосрочной перспективе; 2) переход части населения РФ на электромобили может оказать существенное влияние на экономию выбросов парниковых газов. Методологической основой исследования послужила модель Басса, которая широко применяется для прогнозирования распространения инноваций. Полученные оценки динамики распространения электрокаров предусматривают несколько сценариев. Согласно наиболее реалистичному из них объем спроса на электромобили достигнет отметки в 5,62 млн ед. к 2060 г. На основании долгосрочного прогноза объема парка электрокаров произведена оценка совокупной экономии выбросов парниковых газов, достигаемой благодаря переходу потребителей на электромобильный транспорт. Оценка экологического эффекта была проведена с учетом предполагаемого изменения структуры генерации электроэнергии в РФ. При реализации ускоренного перехода на низкоуглеродные источники электроэнергии к 2050 г. ожидаемое снижение выбросов парниковых газов составит 14,08 млн т CO₂-экв., а при сохранении текущей структуры – 12,86 млн т. Полученные прогнозы распространения легкового электротранспорта в России и сопряженных с этим процессом экологических эффектов формируют теоретическую ценность исследования. С практической точки зрения, результаты могут быть использованы в рамках разработки мероприятий для достижения целей, обозначенных в Стратегии социально-экономического развития РФ с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г.

Ключевые слова: электромобили; диффузия инноваций; прогнозирование численности автопарка; потенциальный рынок; модель Басса; низкоуглеродная экономика.

1. Введение

Большую значимость сегодня приобретают вопросы экологического характера, в частности глобальное потепление, которое вызвано высоким уровнем концентрации в атмосфере

диоксида углерода (CO₂). Экологическая повестка привлекает внимание общественности, политических лидеров и требует определенных мер, которые будут направлены на ужесточение законодательства в сфере производства,

сопровождающегося значительным уровнем выбросов вредных веществ и углекислого газа. Главным источником CO₂ являются электростанции, которые генерируют энергию за счет сжигания ископаемого топлива (уголь, газ).

Согласно отчету аналитического центра при Правительстве РФ¹, именно на угольную энергию приходится самое высокое значение показателя по выбросам в CO₂-экв., 751–1095 г на 1 кВт·ч в среднем за 40 лет жизненного цикла угольной ТЭС. Аналогичный показатель для газовых ТЭС варьируется в диапазоне 403–513 г CO₂ на 1 кВт·ч. В России доля выбросов от электростанций составляет около 78% общего количества выбросов диоксида углерода².

Автомобильный парк страны также является значимым источником выбросов парниковых газов и иных вредных веществ, пагубно влияющих как на экологическую обстановку, так и на здоровье граждан, что особенно сильно проявляется в крупных городах [1].

На сегодняшний день значительная часть населения России владеет личным транспортом, и этот показатель имеет тенденцию к росту. Например, в 2010 г. показатель наличия собственного автотранспорта в среднем по России составлял 228 автомобилей на 1 000 чел., а в 2020 г. достиг уже уровня 321 автомобиль на 1 000 чел. В Российской Федерации на транспортный сектор приходится в среднем 23%³ выбросов загрязняющих веществ, в том числе монооксида углерода (CO), метана (CH₄), летучих органических соединений (ЛОС) и оксидов азота (NOx)⁴.

Также необходимо учитывать, что большая часть автомобилей в России не соответствует современным

критериям экологичности ввиду того, что автомобильный парк РФ представлен в основном устаревшими моделями, которые эксплуатируются сверх нормативного срока. Средний возраст легкового автомобиля в РФ составляет 13,9 лет.

На 1 января 2021 г. нормам Евро-2 не соответствовало 24,1% легковых машин, а если рассматривать стандарты Евро-5 и выше, то в РФ ему удовлетворяет лишь 22,6% легковых автомобилей⁵. Санкции также могут оказать значительное влияние на экологичность российского автомобильного сектора. Правительство РФ рассматривает возможность смягчения некоторых экологических требований для автомобилей легкового и грузового сегмента. Такое решение обусловлено отсутствием иностранных комплектующих, необходимых для производства автомобилей, относящихся к пятому экологическому классу⁶.

Информация о негативном воздействии на экологию автомобилей с двигателями внутреннего сгорания, выделяющих парниковые газы и иные загрязняющие вещества, стала стремительно распространяться, привлекая внимание граждан и экоактивистов. Сейчас наблюдается рост общей осведомленности об альтернативных, более экологических видах транспорта и повышение интереса к внедрению и использованию электрических и гибридных автомобилей. В 2021 г. была принята Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года, в которой производство электромобилей (далее – ЭА) определяется как приоритетное направление. Одной из целей низкоуглеродного развития был объявлен постепенный переход к транспортным средствам на альтернативном топливе

¹ https://ac.gov.ru/uploads/2-Publications/energo/2022/energo_104.pdf

² <https://rosstat.gov.ru/folder/11194>

³ https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/oxr_bul_2021.pdf

⁴ <https://www.fedstat.ru/indicator/42723>

⁵ <https://www.autostat.ru/press-releases/47703/>

⁶ <https://www.kommersant.ru/doc/5260552>

(аккумуляторные автомобили и гибриды) к 2050 г.¹

На данный момент наблюдается недостаток исследований, включающих количественную оценку потенциала рынка электромобилей в РФ. Такой дефицит связан с относительно небольшим объемом имеющейся статистики и стремительным изменением конъюнктуры рынка: ухудшение геополитической обстановки, новая государственная политика относительно выбросов парниковых газов, а также социальные эффекты. В данной статье предпринята попытка восполнить существующие пробелы в области исследования российского рынка ЭА.

Цель исследования заключается в построении долгосрочного прогноза величины парка электрокаров в Российской Федерации и оценке их воздействия на окружающую среду.

Гипотеза 1. Модель диффузии Басса применима для прогнозирования распространения электромобилей в России в долгосрочной перспективе.

Гипотеза 2. Переход части населения РФ на электромобили может оказать существенное влияние на экономию выбросов парниковых газов.

Структура статьи. Во втором разделе анализируются отечественные и зарубежные исследования, описывающие тенденции рынка электромобилей в мировом и региональном контексте. Третий раздел посвящен описанию используемых методов и данных, рассмотрены ограничения и преимущества модели Басса. Четвертый раздел раскрывает основные результаты исследования. Обсуждение итогов работы представлено в пятом разделе.

¹ Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года (утверждена Распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 октября 2021 г. № 3052-п). URL: <http://government.ru/docs/43708/>

2. Обзор литературы

2.1. Перспективы рынка автомобилей на альтернативных видах топлива

С ростом популярности электрических и гибридных автомобилей в течение последнего десятилетия появилось большое количество литературы, посвященной экономическому и экологическому анализу альтернативных транспортных средств.

Grushevenko et al. [2] медленное развитие российского электромобильного рынка объясняют такими сдерживающими факторами, как высокая стоимость электромобильного транспорта по сравнению с традиционными автомобилями, низкий уровень развития сервисной и заправочной инфраструктуры, а также скудный ассортимент российского рынка ЭА. Совокупность этих факторов позволяет сделать вывод об ограниченных возможностях развития рынка электромобилей в России в отличие от альтернатив, использующих в качестве топлива природный газ.

Porfiguev [3] указывает, что медленный переход на электромобильный транспорт в России связан с рядом неблагоприятных условий: климатические особенности, неразвитость институциональной и технологической инфраструктуры, а также массового производства ключевых комплектующих электротранспорта – аккумуляторных батарей. По мнению автора, более реалистичное для российской действительности направление развития транспортного сектора включает в себя комбинацию мер по переходу на газомоторное топливо и развитие электромобильного сектора, эксплуатация которого обеспечивалась бы более «чистой» энергией, генерируемой на ГЭС, АЭС и газовых ТЭС.

Каталевский и Гареев [4] выделяют следующие факторы, положительно влияющие на скорость распространения

электротранспорта: темпы развития зарядной инфраструктуры должны опережать темпы расширения парка электромобилей; создание условий для возможности размещения личных зарядных станций в парковочных зонах жилых районов; государственное стимулирование приобретения экологичного транспорта. По мнению авторов, государственная политика в вопросе развития новых технологий играет ключевую роль, поэтому описанные инструменты должны активно внедряться государством для достижения целевых показателей развития альтернативного транспорта в РФ.

Shafiei et al. [5] также отмечают значимость государственного стимулирования. В работе рассматривается влияние различных налоговых и неналоговых инструментов на распространение электромобилей в среднесрочной (до 2030 г.) и долгосрочной перспективе (до 2050 г.) на примере Исландии. В исследовании представлены три прогнозных сценария: базовый, который основан на предложенной правительством реформе налоговой системы; а также два производных от базового – с учетом дополнительных налоговых льгот и с учетом запрета на автомобили, использующие в качестве топлива нефтепродукты. Наиболее эффективным в краткосрочной и в долгосрочной перспективе является сценарий с дополнительными налоговыми льготами. Меньшую эффективность в краткосрочном периоде продемонстрировал сценарий запрета традиционных автомобилей, однако в длительной перспективе экологические эффекты производных сценариев сопоставимы. Наименьшие показатели сокращения выбросов парниковых газов зафиксированы по результатам оценки базового сценария. Следует также отметить, что этот вариант является наиболее экономичным для государства с точки зрения потерь налоговых выплат и стоимости реализации.

Фасхиев в работах [6, 7] исследует перспективы развития рынка ЭА и автомобилей с газобаллонным оборудованием, позволяющим использовать в качестве топлива метан или пропан-бутан. В отличие от других исследователей автор считает нецелесообразным переход на автомобили на газомоторном топливе, так как экологический эффект от такого перехода незначителен в долгосрочной перспективе и не решает глобальные проблемы. Помимо этого, эксплуатация таких автомобилей более опасна и сопряжена с необходимостью переоборудования АЗС, что потребует значительных государственных и частных инвестиций. Электромобильный сектор является более перспективным, развитие технологий производства аккумуляторных батарей в будущем значительно удешевит стоимость электрокаров, а высокая стоимость автомобилей на электрической тяге сейчас является основным фактором, замедляющим развитие данного рынка.

Синицын [8] анализирует перспективы рынка автомобилей на электрической тяге и сценарии развития электротранспорта в Китае, США, Европе, Индии, мире в целом. Согласно наиболее оптимистичному сценарию, доля электротранспорта к 2040 г. достигнет 36% мирового автопарка, аналогичный показатель для базового сценария составляет 25%, а для сценария замедленного продвижения электромобилей – 14%. В абсолютном выражении к 2040 г. при базовом сценарии развития рынка электромобилей мировой парк ЭА составит 386 млн ед.

Dhokal & Min [9] прогнозируют глобальный спрос на электромобили до 2030 г. и оценивают влияние количества потенциальных пользователей ЭА на развитие зарядной инфраструктуры. Методологическая основа работы представлена различными инструментами эконометрического моделирования, описывающими распространение

инноваций. Согласно полученным результатам, мировой объем спроса на электрокары в 2030 г. составит порядка 40 млн ед., а число необходимых электростанций к 2030 г. – не менее 10 млн ед. Сравнивая логистическую модель и модель диффузии Басса, авторы отмечают, что результаты, полученные с помощью второго инструмента, более корректны.

Заметим, что большая часть исследований, рассматривающих аккумуляторные автомобили как абсолютную экологичную альтернативу традиционным, не учитывает ряд особенностей производства и эксплуатации электрокара, которые могут оказывать негативное влияние на окружающую среду.

Holland et al. в работах [10, 11] провели количественное сравнение экологического влияния электрокаров и традиционного транспорта на городскую среду. Авторы обосновали, что при преобладании ископаемых источников энергии в структуре электрогенерации переход на электрокары приведет к незначительному сокращению выбросов вредных веществ в атмосферу по сравнению с автомобилями на ДВС.

Costa et al. [12] отмечает, что значительная доля выбросов парниковых газов происходит не в процессе эксплуатации электрокара, а на этапе производства литий-ионных аккумуляторов, при этом порядка 40–60% выбросов на этапе производства связаны с потреблением электричества. Экологический след на этапе эксплуатации также зависит от объемов и источников электроэнергии, необходимой для подзарядки автомобилей. Таким образом степень экологичности электротранспорта в большей степени зависит от структуры энергогенерации в регионе производства и эксплуатации литий-ионных комплектующих. Распространение электротранспорта и других технологий приводит к повышению спроса на литий-ионные аккумуляторы, а производство

таких аккумуляторов, как уже было отмечено, является неэкологичным и сопровождается значительным ущербом окружающей среде, в частности из-за использования в производственных процессах соляной кислоты¹.

Secinaro et al. [13] провели обширное библиометрическое исследование, которое дает представление о мотивах перехода потребителей на электрокары. Авторы утверждают, что наиболее склонны к покупке ЭА люди, чувствительные к вопросам устойчивого развития и заинтересованные в совершенствовании современных технологий. Также было отмечено значительное влияние государственного стимулирования на потенциальных потребителей.

Dezhina & Radnabazarova [14] провели опрос для определения эффективных мер, стимулирующих потребительский спрос на российском рынке ЭА. Авторы отмечают, что наиболее открыты к инновациям молодежь в возрасте до 35 лет и люди с относительно высокими доходами. Установлено, что одним из главных факторов принятия решения о приобретении электрокара является государственная поддержка, а экологическая повестка для российского потребителя играет второстепенную роль.

2.2. Модель Басса как инструмент анализа распространения инноваций

В 1969 г. Bass [15] разработал модель для прогнозирования распространения инновационного продукта на рынке. Описанная Бассом динамика распространения инноваций по модели впоследствии подтвердилась реальными рыночными данными.

Dodds [16] исследует применимость модели Басса для прогнозирования распространения инновационных продуктов

¹ <https://www.bloomberg.com/news/articles/2014-03-14/teslas-in-california-help-bring-dirty-rain-to-china>

в долгосрочной перспективе на примере кабельного телевидения. Автор сравнивает фактические и прогнозные данные на всех этапах внедрения, результаты исследования демонстрируют высокую степень соответствия прогнозов последующему распространению продукта. Несмотря на это, автор отмечает необходимость критически относиться к результатам моделирования, поскольку такой подход не учитывает множества факторов, которые могли бы существенно повлиять на прогнозы.

Massiani & Gohs в работах [17, 18] исследуют различные инструменты для прогнозирования рынка автомобилей на альтернативных видах топлива. В первой работе рассматриваются такие подходы, как сравнительный анализ совокупной стоимости владения конкурирующими технологиями, диффузионные модели, в частности модель Басса, а также опросы потребительских мнений методом заявленных предпочтений. Вторая работа [18] полностью посвящена модели Басса как инструменту количественной оценки и прогнозирования рынка альтернативного транспорта. Авторы выделяют несколько преимуществ данного инструмента: модель уже учитывает имеющуюся информацию о рынке и корректно воспроизводит данные при построении прогнозов, а также обеспечивает плавную диффузию без разрывов. Основными ограничениями модели, по мнению авторов, являются сложность обоснованного определения рыночного потенциала для конкретного товара и невозможность включения в модель дополнительных факторов, по этой причине достаточно тяжело оценить влияние конкурирующих технологий на распространение инновации.

Bass et al. [19] указывают на то, что модель Басса подходит для описания процесса распространения инноваций почти так же хорошо, как и гораздо более сложные модели. В соответствии с этими результатами модель Басса по-прежнему

доминирует над другими подходами во многих областях, в том числе при описании процесса распространения гибридных и электрических автомобилей, что согласуется с исследованиями в различных странах.

Исследования распространения электрокаров с помощью диффузионной модели Басса были проведены для автомобильных рынков Китая (Zhu & Du [20]), Германии (Massiani & Gohs [18]), США (Carlucci et al. [21]), Кореи (Park et al. [22]) и Дании (Jensen et al. [23]).

Рассмотренные исследования дают некоторое представление о возможных технологических, экономических проблемах и перспективах развития данного рынка. В настоящей работе были предприняты попытки построить прогноз распространения легковых электроавтомобилей на основе имеющихся данных за последние 7 лет. Статистические данные по первичному и вторичному рынку легковых электроавтомобилей были собраны на сайте аналитического агентства «АВТОСТАТ». Для оценки верхнего потенциала рынка использовались результаты опроса ВЦИОМ от 16 ноября 2021 г. По итогам опроса 50% автомобилистов в РФ готовы пересесть на электроавтомобиль, если бы им предоставилась такая возможность¹.

3. Методы

Методология исследования включает три последовательных этапа. На первом этапе был произведен анализ существующей динамики продаж электроавтомобилей в Российской Федерации, на втором – с помощью логистической модели были оценены параметры распределения, которому подчиняется динамика российского рынка электрокаров. На основании полученных результатов на третьем этапе была произведена оценка экологических эффектов,

¹ <https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/ehlektromobili-za-i-protiv>

закрывающихся в расчете относительной экономии выбросов парниковых газов, которая может быть достигнута при осуществлении того или иного сценария развития российского рынка электрокаров.

3.1. Анализ динамики продаж электромобилей

В целях получения обоснованного представления о положении российского рынка электромобилей и перспектив его развития был проведен анализ динамики продаж электрокаров как на первичном, так и на вторичном рынке. Для построения динамических рядов была использована информация, опубликованная в разные периоды на сайте аналитического агентства «АВТОСТАТ»¹.

Далее проведена систематизация и эмпирическая оценка данных, визуализация и интерпретация полученных результатов, а также осуществлена подготовка к использованию данных для составления прогнозных сценариев развития исследуемого рынка.

3.2. Прогнозирование объемов рынка

Для достижения поставленных целей была построена логистическая модель Басса. К главным преимуществам используемого в исследовании метода можно отнести низкие требования к данным. Для построения модели Басса достаточно трех временных периодов [24] в противоположность эконометрическим моделям (ARIMA и др.), где для получения достоверных прогнозов необходимо применение более длинных временных рядов.

Модель Басса можно записать следующим образом [15]:

$$N(t) = m \left(\frac{1 - e^{-(p+q)t}}{1 + \frac{p}{q} e^{-(p+q)t}} \right), \quad (1)$$

где N – совокупное количество пользователей инновации в момент времени t ; p – коэффициент инновации; q – коэффициент имитации; m – потенциал рынка, который задается для ограничения максимального значения возможных потребителей; переменная t определяет временной период.

Коэффициенты имитации и инновации учитывают основные факторы, влияющие на распространение нового продукта на рынке. Так, на первых пользователях, или «новаторов», влияние оказывают реклама и СМИ (внешнее влияние), а группа последователей, или «имитаторов», принимает решение о приобретении товара по принципу сафранного радио [24].

Параметры p и q оценены с использованием нелинейного МНК, для построения модели применялись библиотеки регрессионного анализа и машинного обучения scikit-learn 1.1.1 для языка программирования Python².

В рамках исследования построено несколько прогнозов с различным параметром потенциала рынка. Максимальный потенциал рынка (50% от числа автомобилистов на настоящий момент) определен в соответствии с результатами ранее описанного опроса ВЦИОМ. Помимо этого, построены прогнозы для менее оптимистичных сценариев развития рынка аккумуляторных автомобилей, где максимальное количество потенциальных потребителей равно 25, 12,5 и 2,5% от общего количества легковых автотранспортных средств в России. Эти потенциалы рынка определены на основании аналогичного исследования величины парка ЭА в Германии [17]. Верхняя граница рыночного потенциала определяется как общее количество автомобилей в РФ по состоянию на 2021 г. и составляет 45 млн³.

² Библиотека Python для Data Science и Machine Learning. Sikit-learn 1.2.0 documentation. URL: <https://scikit-learn.org/stable/index.html>

³ <https://www.autostat.ru/press-releases/47703/>

¹ Аналитическое агентство «Автостат». URL: <https://www.autostat.ru/>

Таблица 1. Результаты оценки параметров модели

Table 1. Results of model parameter estimation

Потенциал рынка m , %	p	Доверительный интервал	q	Доверительный интервал	F -статистика	p -значение (F)
50	0,0000083*	[0,0000059; 0,0000107]	0,4713138*	[0,4196788; 0,5229489]	737,859	$1,64 \times e^{-13}$
25	0,0000165*	[0,0000118; 0,0000213]	0,4715403*	[0,4199278; 0,5231528]	739,001	$1,62 \times e^{-13}$
12,5	0,0000330*	[0,0000235; 0,0000426]	0,4719945*	[0,4204271; 0,5235619]	741,295	$1,58 \times e^{-13}$
2,5	0,0001633*	[0,0001164; 0,0002102]	0,4756549*	[0,4244520; 0,5268579]	760,102	$1,34 \times e^{-13}$

Примечание: * – значимость на уровне 1 %.

Источник: составлено авторами.

На подготовительном этапе исследования проведена оценка неизвестных параметров p и q для всех четырех сценариев. Результаты оценки приведены в табл. 1.

Расчитанные коэффициенты p и q являются значимыми на уровне 1 %. F -статистика и ее p -значение также свидетельствуют о совокупной значимости параметров моделей, коэффициент аппроксимации, который определяет степень соответствия трендовой модели исходным данным, для каждой модели составил 0,99.

Таким образом, модель обладает высокой объясняющей способностью. Данные параметры позволяют выявить положение логистической кривой относительно оси абсцисс и темпы роста пользователей, перенявших инновацию. На основании оцененных параметров было спрогнозировано ожидаемое совокупное число аккумуляторных электромобилей в РФ до 2060 г.

Sultan et al. [25] приводят средние значения коэффициентов внешнего (p) и внутреннего влияния (q) – 0,03 и 0,38, которые получены в результате проведенного мета-анализа на основании 16 работ, включающих применение диффузионной модели и расчета соответствующих коэффициентов для

различных товарных групп (продукты питания, товары длительного пользования, технологические инновации и др.).

Talukdar et al. [26] приводят расчеты коэффициентов инновации и имитации по 31 стране для следующих товаров: видеомэгафтофоны, CD-плееры, микроволновые печи, видеокамеры, факсы, сотовые телефоны. Согласно результатам исследования, среднее значение коэффициента инновации для развитых стран составило 0,0010, а для развивающихся – 0,00027; коэффициента имитации – 0,509 и 0,556 для развитых и развивающихся стран соответственно.

Таким образом, в категории доступных товаров коэффициент инновации оказывает большее влияние на распространение нового продукта (по сравнению с дорогостоящими товарами), то есть реклама и СМИ могут привлечь большее количество «новаторов», при этом для развитых стран этот показатель выше.

Коэффициент q имеет обратную зависимость: чем выше стоимость благ, тем вероятнее, что распространение товара в большей степени обусловлено эффектом имитации.

Наиболее корректными будут сравнения внутри одной категории товаров. В табл. 2 приведены параметры p и q ,

полученные в рамках исследований распространения гибридных и электрических автомобилей в различных странах,

также была составлена диаграмма рассеяния коэффициентов внешнего и внутреннего влияния (рис. 1)

Таблица 2. Коэффициенты внутреннего и внешнего влияния в разных исследовательских работах

Table 2. Available literature estimates for coefficients of innovation and imitation

Страна	Источник	p	q
Китай (ЭА)	Zhu & Du [20]	0,001045	0,38637
Германия (ЭА)	Massiani & Gohs [17]	0,0000926	0,048
США (гибриды)	Lamberson [21]	0,000618	0,8736
Корея (ЭА)	Park et al. [22]	0,0037	0,3454
Дания (ЭА)	Jensen et al. [23]	0,002	0,23
Россия (ЭА, $m = 2,5\%$)	Рассчитано авторами	0,00016333	0,4756549
Россия (ЭА, $m = 12,5\%$)	Рассчитано авторами	0,00003303	0,4719945
Россия (ЭА, $m = 25\%$)	Рассчитано авторами	0,00001654	0,4715403
Россия (ЭА, $m = 50\%$)	Рассчитано авторами	0,00000828	0,4713138

Источник: составлено авторами на основании Massiani & Gohs [17].

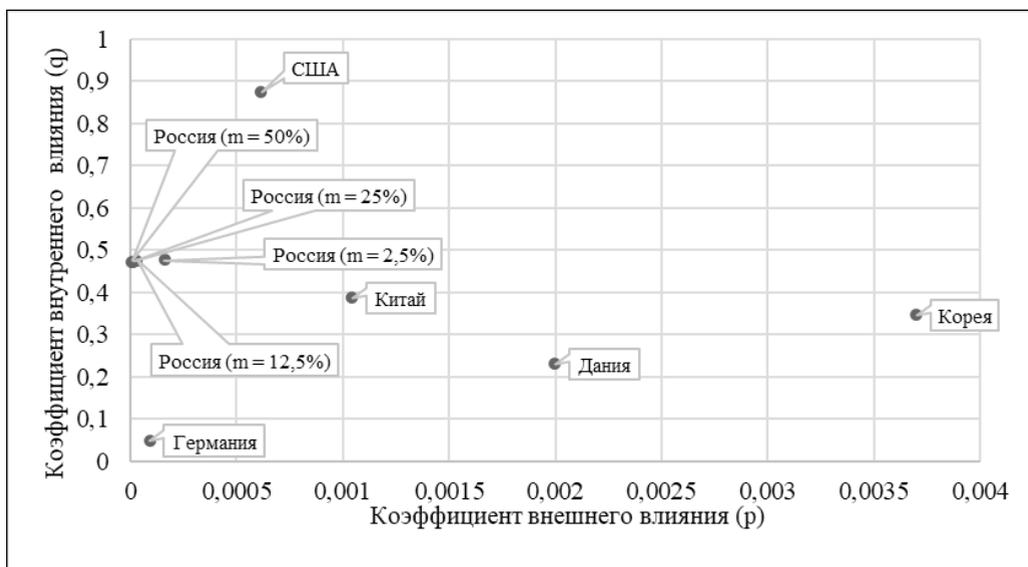


Рис. 1. Диаграмма рассеяния коэффициентов внутреннего и внешнего влияния в разных исследовательских работах по странам

Fig. 1. The scatter plot of the available literature estimates for coefficients of innovation and imitation

Источник: составлено авторами на основании Massiani & Gohs [18].

На основании приведенных выше данных можно сделать ряд выводов. Так, например, в сравнении с другими странами в РФ распространение ЭА характеризуется наиболее слабым эффектом внешнего влияния, тогда как наиболее сильный эффект был выявлен исследователями в Корее и Дании. Комбинация рассчитанных значений коэффициентов имитации и инновации позволяет описать специфику распространения инновационного продукта для отдельного региона [18]. Процесс распространения ЭА в РФ обладает сильным эффектом внутреннего влияния, наибольшая сила эффекта имитации была выявлена исследователями процесса распространения гибридных автомобилей в США.

3.3. Прогнозирование эффектов снижения выбросов парниковых газов

Методика построения прогноза заключалась в расчете относительной экономии выбросов парниковых газов при переходе потребителей с традиционных автомобилей на электрокары. За референтный автомобиль был принят Nissan Leaf ввиду того, что он занимает около 83% от общего числа электрокаров в РФ по состоянию на 2020 г. Сравнение относительной экономии выбросов производилось с отечественной моделью автомобиля с ДВС – LADA Vesta, которая стала моделью-лидером российского рынка по объему продаж в 2021 г.¹

На первом этапе была определена разница между выбросами от эксплуатации традиционного автомобиля и автомобиля на электрической тяге, для вычисления совокупной экономии парниковых газов этот показатель был умножен на прогнозируемое количество электромобилей в РФ. Выбросы автомобиля LADA Vesta в модификации с объемом двигателя 1,6 л рассчитывались как

произведение среднегодового пробега автомобиля в России² и объема выбросов CO₂ на 1 км пробега для указанной модели автомобиля³.

Объем выбросов парниковых газов в CO₂-экв., сопряженный с генерацией электроэнергии, необходимой для зарядки аккумулятора Nissan Leaf, был определен с учетом прогноза структуры энергопотребления Минэкономразвития до 2050 г. Заданное среднегодовое потребление энергии для электромобиля Nissan Leaf составило 2224 кВт·ч (рассчитано на основании технических характеристик Nissan Leaf⁴), а объем эмиссии CO₂ для соответствующих сырьевых источников генерации электроэнергии представлен в отчете аналитического агентства при Правительстве РФ⁵.

4. Результаты

4.1. Анализ динамики рынка электромобилей

Рынок электромобилей в России – как первичный, так и вторичный – за последние несколько лет демонстрирует значительный рост. В 2020 г. россияне приобрели 687 (на 95% больше по сравнению с предыдущим годом) новых электромобилей и более 5 200 (на 60% больше) подержанных.

По состоянию на январь 2021 г. рынок ЭА в России насчитывал 16,5 тыс. электрокаров. Кроме того, за первые три месяца 2021 г. россияне приобрели 307 новых и 1 273 подержанных электромобилей с аккумуляторами, что на 600 и 46% больше соответственно, чем в первом квартале 2020 г. Всего

² Средний пробег автомобилей в России – 17 500 км в год. URL: <https://www.autostat.ru/news/39841/>

³ <https://carexpert.ru/models/vaz/Vesta/tech/vazve-2015s16.htm>

⁴ https://www-europe.nissan-cdn.net/content/dam/Nissan/gb/brochures/Vehicles/Nissan_Leaf_UK.pdf

⁵ https://ac.gov.ru/uploads/2-Publications/energo/2021/energo_june21.pdf

¹ <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2022/01/12/904428-prodazhi-avtovaza-otstali>

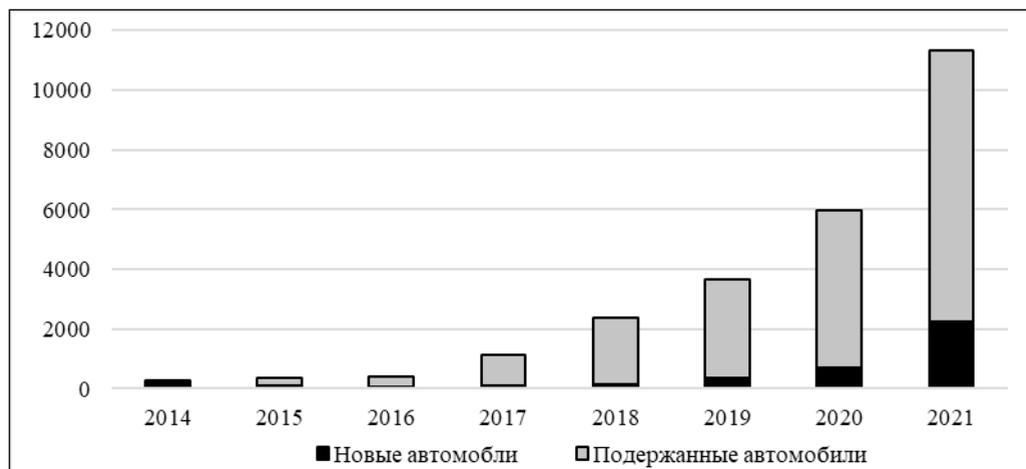


Рис. 2. Динамика продаж электромобилей в РФ, шт.

Fig. 2. Dynamics of electric vehicles sales in the Russian Federation, pcs.

Источник: составлено авторами по данным «АВТОСТАТ»³

за 2021 г. россиянами было приобретено 9 070¹ поддержанных ЭА и 2 254² новых моделей. Совокупно объем продаж ЭА в 2021 г. увеличился на 5 364 единицы по сравнению с предыдущим годом.

На рис. 2 представлена динамика продаж электромобилей в РФ.

По состоянию на первый квартал 2021 г. рынок электромобилей был представлен 14 различными моделями⁴. Из них 83 % электромобильного рынка России приходится на Nissan Leaf⁵, который относится к бюджетному сегменту и на вторичном рынке может конкурировать по стоимости с бензиновыми автомобилями. Помимо этой модели на рынке представлены такие марки, как Audi, Tesla, BYD, Chevrolet, Mercedes-Benz, JAC, Jaguar, Porsche, Hyundai.

Что касается территориального распределения парка электрокаров, эксперты аналитического агентства «АВТОСТАТ» подсчитали, что 68 % от их общего количества числится в трех

федеральных округах: Центральном, Дальневосточном и Сибирском. Среди регионов на начало 2022 г. лидером по числу электромобилей в нашей стране является Москва, где зарегистрировано 2 161 электроавтомобилей. На втором месте – Приморский край (1 652 шт.), далее следует Иркутская область (1 540 шт.). В топ-5 регионов также вошли Краснодарский (1 085 шт.) и Хабаровский (861 шт.) края⁶.

По данным аналитического агентства «АВТОСТАТ», с января по август 2022 г. рынок электрокаров в РФ демонстрирует разнонаправленную динамику. Объем продаж новых электромобилей увеличился за прошедший период 2022 г., такая динамика в большей степени обусловлена ростом продаж в начале года. По итогам первых семи месяцев было куплено более 1 400 электрокаров, это на 38 % больше, чем за первые семь месяцев 2021 г. За этот период были распроданы электромобили, ввезенные по льготному таможенному тарифу (отменен с 1 января 2022 г.).

Новые поставки осуществляются на общих основаниях, а некоторые

¹ <https://m.autostat.ru/news/50634/>

² <https://m.autostat.ru/news/50525/>

³ <https://www.autostat.ru/>

⁴ <https://e-cars.tech/elektromobili/kakie-elektromobili-mozhno-kupit-v-rossii-v-2021-godu/>

⁵ <https://www.autostat.ru/news/47243/>

⁶ <https://www.autostat.ru/infographics/51535/>

производители и вовсе приостановили ввоз автомобилей в РФ ввиду санкций, это привело к сокращению продаж автомобилей, в том числе и на электрической тяге. В июле было продано всего 137 электрокаров, что на 30% меньше по сравнению с прошлогодним показателем. Несмотря на отрицательную динамику продаж, по итогам июля 2022 г. модельное разнообразие электроавтомобилей увеличилось до 26 моделей в сравнении с 19 в июле 2021 г.¹

Дальнейшее распространение электромобилей в Российской Федерации довольно тяжело спрогнозировать, даже несмотря на то, что государство устанавливает новые приоритетные направления, включающие производство электромобилей и стимулирование перехода на более экологичные виды транспорта. Правительство опубликовало ряд постановлений, предполагающих государственную поддержку при приобретении электромобиля. На данный вид транспорта будет предоставляться скидка в размере 25% от стоимости автомобиля (не более 625 тыс. руб.) по льготной программе автокредита и лизинга².

4.2. Прогнозная оценка объема рынка электромобилей

Мы спрогнозировали распространение электромобилей в контексте описанных рыночных потенциалов до 2060 г. Период прогнозирования определен с учетом действующей Стратегии социально-экономического развития России с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г. Строить прогнозы на более длительную перспективу не имеет смысла ввиду сложностей определения наиболее реалистичных сценариев развития рынка даже на небольших временных промежутках: ситуация осложняется геополитической неопределенностью, существующими на данный

момент проблемами импортирования электромобилей и литий-ионных комплектующих. Полученные результаты представлены в табл. 3 и на рис. 3.

В каждом из сценариев в соответствии с прогнозами показатель объема спроса практически достигает заданный потенциал рынка к 2060 г. Графики моделей представляют собой логистические кривые, описывающие изменение рыночного спроса на электромобили. Первые этапы характеризуются низким ростом, основными потребителями на данных этапах являются так называемые «инноваторы», которые в свою очередь запускают процесс «имитации», привлекая на данный рынок новых пользователей [27]. Этап внедрения инновационного продукта на рынок начинается в 2014 г. и завершается в 2025 г., далее наблюдается экспоненциальный рост числа потребителей в период с 2025 по 2040 г. Последний этап характеризуется насыщением и последующим замедлением рынка.

Наиболее реалистичным с учетом геополитической обстановки, на наш взгляд, является потенциал рынка равный 12,5%, в этом случае к 2040 г. спрос на электромобили в РФ будет составлять порядка 5,5 млн ед. электромобильного транспорта, что более чем в 500 раз больше потребительского спроса, отмеченного в 2020 г. Если рассматривать сценарий с максимальным потенциалом рынка – 50%, а именно данный сценарий основан на потребительских мнениях, то, согласно прогнозам, уже к 2030 г. объем рынка электромобилей составит более 5,3 млн.

В совместном аналитическом докладе ЦСР «Северо-Запад», СПбПУ и ряда других организаций³, представленном в апреле 2021 г., приводятся прогнозные оценки величины парка аккумуляторных

¹ <https://www.autostat.ru/news/52246/>

² <https://www.interfax.ru/business/813964>

³ Перспективы развития рынка электротранспорта и зарядной инфраструктуры в России. URL: <https://nticenter.spbstu.ru/news/7708>

Таблица 3. Прогноз спроса на электромобили в РФ с учетом различных значений потенциала рынка, тыс. шт.

Table 3. Demand forecasts for electric vehicles in the Russian Federation, considering various values of the market potential, thousand units

Потенциал рынка m , %	Год			
	2030	2040	2050	2060
50	1132,08	19241,26	22465,85	22499,69
25	1080,58	10375,87	11241,52	11249,92
12,5	990,46	5399,88	5622,91	5624,98
2,5	593,84	1116,43	1124,92	1125,00

Источник: рассчитано авторами

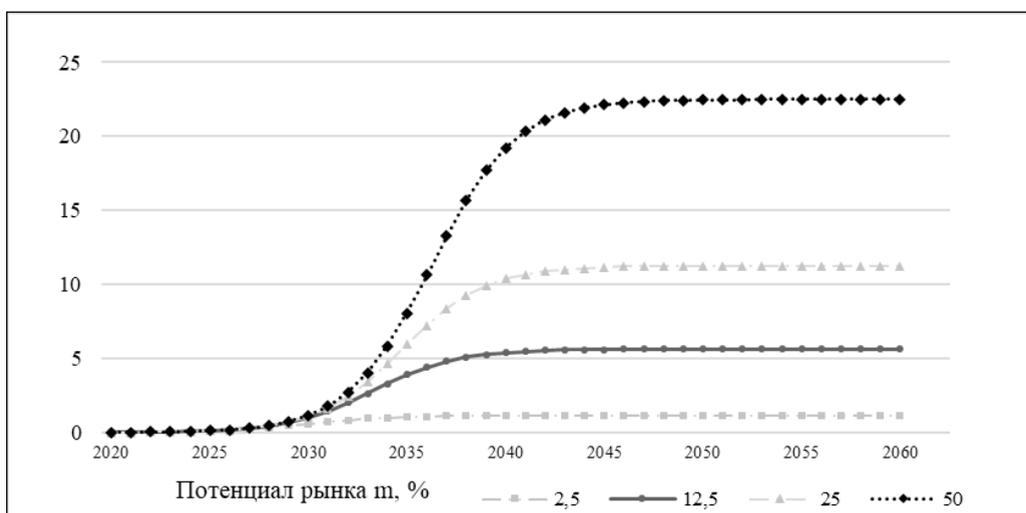


Рис. 3. Сценарии развития парка аккумуляторных электроавтомобилей до 2060 г. в РФ, млн шт.

Fig. 3. Development scenarios for the electric vehicle fleet in the Russian Federation up to 2060, million units

Источник: составлено авторами.

электроавтомобилей на основе Стратегии развития автомобильной промышленности Российской Федерации на период до 2025 г.¹, которая предполагает, что доля ЭА на российском рынке достигнет 5% (129 тыс. единиц) к 2025 г. Экспертно-аналитический доклад содержит два сценария развития парка ЭА в России: базовый и ускоренный. Согласно первому

сценарию, парк электроавтомобилей в РФ достигнет отметки в 202 тыс. ед. и 395 тыс. ед. к 2025 г. и 2030 г. соответственно, тогда как ускоренный сценарий предполагает увеличение парка электрокаров до 360 тыс. ед. к 2025 г. и 741 тыс. ед. к 2030 г.

Полученные в настоящем исследовании прогнозы парка ЭА в РФ были сравнены с уже существующими, описанными в докладе, на рис. 4 и 5 представлено сравнение прогнозных сценариев развития парка ЭА в РФ.

¹ <http://government.ru/docs/all/116448/>

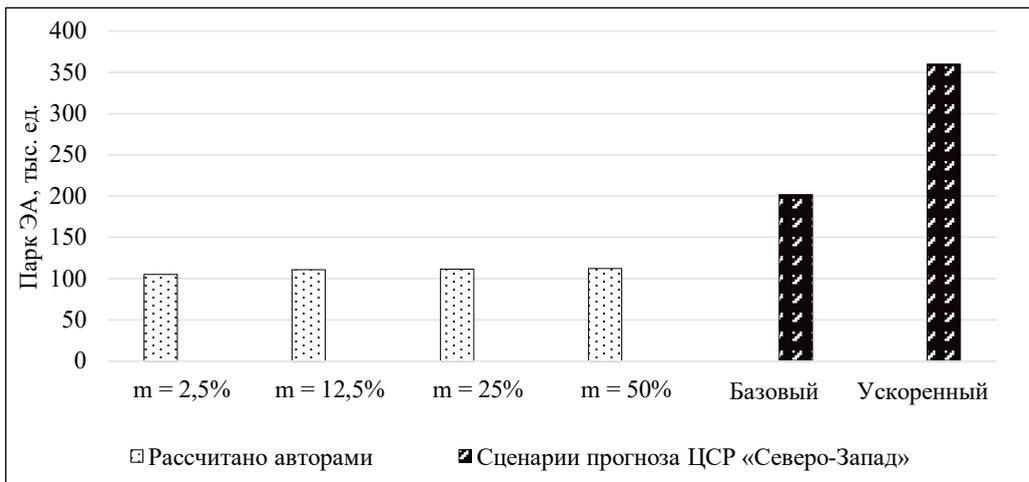


Рис. 4. Сравнение прогнозных сценариев развития парка ЭА в РФ в 2025 г.

Fig. 4. Comparison of forecast scenarios for the EV development in Russia in 2025.

Источник: составлено авторами на основе собственных расчетов и аналитического доклада ЦСП «Северо-Запад».

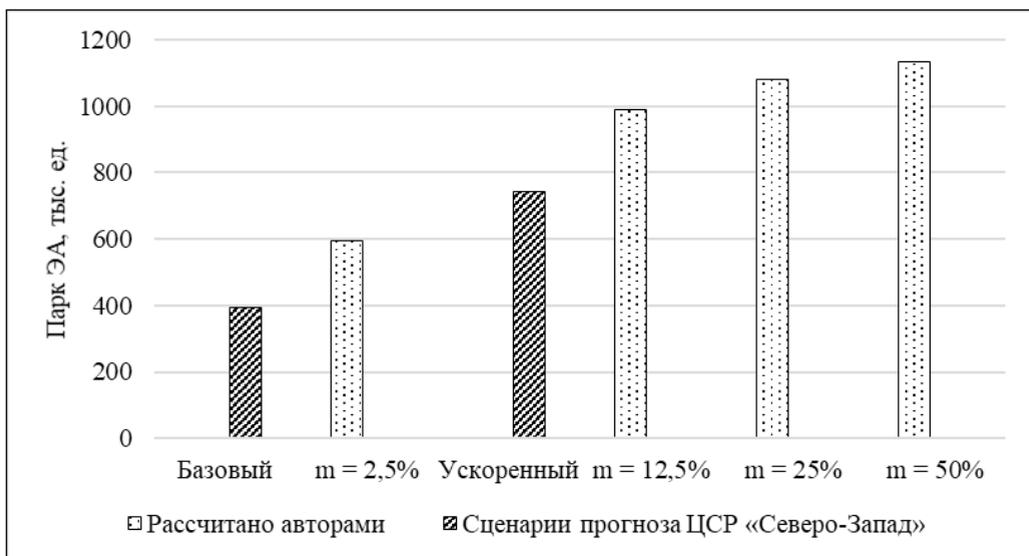


Рис. 5. Сравнение прогнозных сценариев развития парка ЭА в РФ в 2030 г.

Fig. 5. Comparison of forecast scenarios for the EV development in Russia in 2030.

Источник: составлено авторами на основе собственных расчетов и аналитического доклада ЦСП «Северо-Запад».

Согласно этим данным, полученный нами прогноз предполагает меньшее количество электрокаров в стране к 2025 г. Для различных потенциалов рынка число ЭА в РФ может достигнуть от 105 до 112 тыс. ед., тогда как в экспертном докладе предсказывается

наличие от 202 до 360 тыс. ед. электрокаров для базового и ускоренного сценариев соответственно. Данное расхождение обусловлено спецификой используемых методов, предполагающих более медленное развитие рынка на начальном этапе.

Таблица 4. Прогноз экономии совокупных выбросов парниковых газов в CO₂-экв. к соответствующему году, тыс. тTable 4. Forecast of cumulative greenhouse gas emission savings in CO₂-eq. for each year accordingly, thousand tons

Потенциал рынка <i>m</i> , %	Базовый год	Инерционный сценарий		Ускоренный сценарий	
	2020	2030	2050	2030	2050
2,5	24,79	358,45	2573,34	1325,96	2817,54
12,5		2265,74	12862,76	2211,55	14083,41
25		2471,90	25715,68	2412,77	28156,04
50		2589,70	51392,03	2527,76	56269,02

Источник: составлено авторами.

К 2030 г. прогнозные сценарии развития парка электроавтомобилей в РФ, полученные группой аналитиков и описанные в данном исследовании, обретают некоторую согласованность. Базовый сценарий, представленный в докладе, может с некоторыми оговорками соответствовать сценарию с потенциалом рынка, равным 2,5%, тогда как ускоренный сценарий – сценарию с потенциалом рынка, равным 12,5%.

4.3. Прогнозная оценка снижения выбросов парниковых газов

В рамках исследования построен прогноз экономии накопленных выбросов парниковых газов в CO₂-экв. в предположении о том, что будут достигнуты соответствующие темпы электрификации в РФ (табл. 4).

Прогноз включает два сценария: инерционный и ускоренный. Инерционный сценарий предполагает неизменным соотношение между источниками генерации электроэнергии, необходимой для работы электрокара. Базовым периодом является 2020 г., в котором текущее соотношение между возобновляемыми и невозобновляемыми источниками электроэнергии фиксируется и остается неизменным на протяжении всего прогнозного горизонта.

Ускоренный сценарий учитывает тенденции изменения соотношений между различными источниками генерации электроэнергии. В данный сценарий заложен прогноз изменения структуры генерации в России до 2050 г., предполагаемый проектом плана реализации Стратегии социально-экономического развития РФ с низким уровнем выбросов парниковых газов¹.

Таким образом, согласно представленным расчетам, при наиболее оптимистичном сценарии развития рынка ЭА и изменения структуры электрогенерации, максимальная экономия выбросов может составлять более 56 млн т в CO₂-экв. в год. Наиболее реалистичный, на наш взгляд, сценарий распространения ЭА ($m = 12,5\%$) позволит сократить порядка 14 млн т выбросов в год. При сохранении текущей структуры генерации электроэнергии и достижении потенциала рынка в 12,5% экономия составит почти 13 млн т.

Стоит отметить, что полученные прогнозы учитывают только стадию эксплуатации электрокара и не включают выбросы, с которыми могут быть

¹ <https://deloros.ru/proekt-plana-realizacii-strategii-socialno-ekonomicheskogo-razvitiya-rf-s-nizkim-urovнем-vybrosov-parnikovыh-gazov-do-2050-goda.html>

сопряжены такие стадии, как добыча соответствующих элементов, необходимых для производства аккумуляторов автомобилей, и утилизация отработанных аккумуляторов.

5. Обсуждение

Дискуссии в научных кругах вызывает тот факт, что модель диффузии инноваций Басса описывает рынок в целом, не учитывая индивидуальный спрос потребителей [24, 28]. В последних исследованиях также отмечается необходимость расширения классической модели путем ее адаптации для конкретных областей применения [29, 30].

Исследования [31, 32] указывают на то, что устойчивые оценки могут быть получены в том случае, если на рассматриваемом временном горизонте инновация достигла пика своего распространения. Однако к тому времени, как необходимые для этого исторические данные оказываются доступны, процесс прогнозирования внедрения инновационного продукта теряет всякий смысл. Одним из возможных решений является обновление оценок параметров по мере того, как появляются все более актуальные данные [24]. Так, в настоящем исследовании использовались все доступные на момент написания работы данные по величине парка электроавтомобилей в РФ.

Явным ограничением модели также является предположение о том, что потенциал рынка, определенный в момент появления инновации, будет актуален на протяжении всего прогнозного периода [33].

Kalish [34], помимо этого, отмечает низкую эффективность классической модификации диффузионной модели Басса в условиях конкурентного рынка и, наряду с работами [35–39], рассматривает вопрос влияния цены, маркетинговых стратегий фирм и других дополнительных факторов на процесс распространения инноваций.

Также необходимо отметить, что существует ряд специфичных ограничений для российского рынка ЭА. К их числу можно отнести обострившуюся геополитическую обстановку, существующие проблемы импорта как комплекующих, необходимых для развития российской автомобильной промышленности, так и риск сокращения поставок иномарок, в том числе и аккумуляторных электромобилей, на территорию РФ, инфраструктурные проблемы, климатические и географические особенности России. Большинство европейских и японских автомобильных брендов прекратили поставки новых авто и рассматривают возможность полного ухода с российского рынка, это коснулось и таких брендов, как Jaguar и Porsche, которые являются одними из немногих автопроизводителей, имеющих электрокары в модельном ряду¹.

Помимо этого, в связи с введением санкций в РФ ограничены поставки литиевой руды и наблюдается дефицит сырья², необходимого для разработки и промышленного производства отечественных электромобилей. Возобновление добычи лития в РФ потребует значительных инвестиций, что при текущих объемах потребления лития в России является экономически неоправданным.

Перспективы производства серийных отечественных электрокаров на данный момент весьма неоднозначны и представлены несколькими проектами³, которые условно можно разделить на три категории:

1) Автомобили, запущенные в серийное производство по состоянию на 2022 г.: модельный ряд электрокаров «Evolute» (на базе «Dongfeng», Китай), «Москвич» (на базе «Sol E40X», Китай),

¹ <https://www.gazeta.ru/avto/2022/08/05/15229502.shtml>

² <https://www.bfm.ru/news/497648>

³ <https://www.autonews.ru/news/62d7b5829a79474c86807d64>

«GAZelle e-NN» (на базе «ГАЗель Next», Россия).

2) Электрокары, запуск которых в серийное производство предусмотрен не ранее чем в 2023–2024 гг. Например, «E-Neva» (на базе «Neva», Россия) и «Кама-2» (на базе «EX6», Китай).

3) Приостановленные проекты¹: «Lada Ellada» (на базе «LADA Kalina», Россия), «Lada Vesta EV» (на базе «LADA Vesta», Россия), «Ё-мобиль» (Россия), «Кама-1» (Россия), «City Modul 1» (Россия), «Монарх» (Россия), «Овум» (Россия), «CV-1» (Россия). Серийное производство моделей не запланировано.

Одной из ключевых целей Концепции по развитию производства и использования электрического автомобильного транспорта в Российской Федерации на период до 2030 г.² является производство электромобилей в количестве 217 тыс. шт. в год, функционирование 8,6 тыс. медленных зарядных станций, 5,7 тыс. быстрых зарядных станций. При этом прогнозируется снижение стоимости основных комплектующих электротранспорта, аккумуляторных батарей более чем в два раза. Такое развитие может оказать значительное влияние на объем потребительского спроса и структуры автопарка РФ.

Согласно прогнозам, представленным в проекте Стратегии развития автомобильной промышленности Российской Федерации на период до 2035 г.³, продажи электрокаров, включая гибриды и топливные элементы, к 2030 г. должны составлять 5–12% общего объема продаж легковых автомобилей, в 2035 г. этот показатель должен составить уже 15–25%.

¹ <https://e-cars.tech/elektromobili/russkie-elektromobili-obzor-modeley-otechestvenno-go-avtoproma-na-2021-god/>

² <http://static.government.ru/media/files/bW9wGZ2rDs3BkeZHf7ZsaxnlbJzQbJt.pdf>

³ Проект Стратегии развития автомобильной промышленности Российской Федерации на период до 2035 года. URL: <https://regulation.gov.ru/projects#npa=130659>

Приоритетными регионами для развития электротранспорта станут мегаполисы и южные территории России ввиду ограничений энергозапаса аккумуляторных автомобилей и трудностей их эксплуатации в субъектах с низкой плотностью населения и суровым климатом.

Гипотеза 1 о применимости диффузионной модели Басса для прогнозирования развития рынка электромобилей в РФ подтвердилась. Результаты расчетов, полученных в рамках настоящей работы, соотносятся с исследованиями, где использованы альтернативные методы. На основании этого можно сделать вывод о том, что модель Басса позволяет построить высококачественные прогнозы в условиях ограниченных данных.

Гипотеза 2, предполагающая значительное влияние перехода на электромобили на экономию выбросов загрязняющих веществ, не подтвердилась. Так, при сравнении полученных результатов с целевыми показателями по сокращению выбросов парниковых газов Стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г. выявлено, что при реализации наиболее реалистичного сценария экономия выбросов составит 1,2%, а при ускоренном сценарии – 4,6%.

Необходимо также отметить, что приведенные сравнения не учитывают темпы автомобилизации Российской Федерации в пределах прогнозного периода, а также опосредованные выбросы от электромобильного транспорта на этапе производства.

Таким образом развитие электротранспорта в России с учетом описанных параметров не позволит в значительной степени сократить выбросы парниковых газов к 2050 г. При этом транспортные средства на альтернативном топливе могут стать частью комплексного решения, направленного на достижение углеродной нейтральности: при изменении структуры генерации

электроэнергии эффективность электротранспорта для целей сокращения выбросов парниковых газов существенно увеличится.

6. Заключение

Результаты настоящего исследования были получены на основании данных по объему, динамике и структуре рынка электромобилей в России за период 2014–2021 гг. с использованием нелинейного моделирования распространения инноваций. Модель диффузии Басса имеет ряд преимуществ, в том числе низкие требования к количеству наблюдений для построения достоверных прогнозов. Отличительной особенностью данного подхода также стала возможность построения нескольких сценариев развития рынка аккумуляторных электромобилей в РФ.

Таким образом был спрогнозирован объем спроса на рынке электромобилей при различных рыночных потенциалах. В данном исследовании представлено 4 сценария, где максимальный объем спроса достигается при рыночном потенциале в 50% от текущего уровня автомобилизации в РФ, а минимальный – при рыночном потенциале в 2,5%. Наиболее реалистичный сценарий, на наш взгляд, описывается рыночным потенциалом равным 12,5%, в данном случае уже к 2030 г. спрос составит порядка 990,4 тыс. единиц электромобилей, что в 60 раз превышает текущий объем рынка. Эти результаты немного опережают прогнозы других исследователей, что обусловлено, в первую очередь, различиями в методологии построения прогнозов.

Сокращение выбросов парниковых газов от перехода на альтернативные виды транспорта также рассчитано с учетом различных сценариев. Так, предполагается, что к 2050 г. может быть сэкономлено совокупно около 14 млн т выбросов в CO_2 -экв. при осуществлении прогноза Минэкономразвития РФ

по изменению структуры генерации и обеспечении темпов внедрения электромобилей в России согласно потенциалу рынка, равному 12,5%.

Тестируемые гипотезы подтвердили эффективность используемых методов для построения прогнозов распространения инновационных товаров в России, однако предположение о значительном вкладе в экономию выбросов парниковых газов при переходе на электротранспорт не подтвердилось.

Основным фактором, замедляющим распространение электромобильного транспорта в России, является низкая инфраструктурная оснащенность. Отсутствие зарядных станций на протяженных расстояниях осложняет транспортировку автомобилей на территории РФ, а также снижает привлекательность данного транспорта для российских потребителей. Для достижения рассчитанных в настоящем исследовании показателей объема рыночного спроса на электромобили необходимо развивать электромобильную инфраструктуру и создавать комфортные условия для эксплуатации и обслуживания электромобильного транспорта.

Теоретическая значимость исследования представлена совокупностью полученных прогнозных данных распространения электротранспорта в России и сопряженных с этим процессом экологических эффектов. Предложенные в работе прогнозы могут быть использованы для разработки государственных программ, направленных на развитие рынка электромобилей и зарядной инфраструктуры в России, а также могут быть полезны для дальнейших исследований отечественного рынка электромобилей. Несмотря на очевидные преимущества, логистическая модель Басса не учитывает ряд факторов, которые могут оказывать значительное влияние на результаты, что оставляет потенциал для последующего анализа с использованием альтернативных методов.

Список использованных источников

1. Зиязов Д. С., Пыжжев А. И., Пыжжева Ю. И. Экономические механизмы борьбы с загрязнением атмосферного воздуха крупных российских городов // Региональная экономика: теория и практика. 2019. Т. 17, № 10. С. 1991–2008. <http://dx.doi.org/10.24891/re.17.10.1991>
2. Grushevenko D., Grushevenko E., Kulagin V. Energy consumption of the Russian road transportation sector: prospects for inter-fuel competition in terms of technological innovation // Foresight and STI Governance. 2018. Vol. 12, No. 4. Pp. 35–44. <http://doi.org/10.17323/2500-2597.2018.4.35.44>
3. Porfiryev B. N. Effective action strategy to cope with climate change and Its impact on Russia's economy // Studies on Russian Economic Development. 2019. Vol. 30, No. 3. Pp. 235–244. <http://doi.org/10.1134/S1075700719030134>
4. Каталевский Д. Ю., Гареев Т. П. Имитационное моделирование для прогнозирования развития автомобильного электротранспорта на уровне региона // Балтийский регион. 2020. Т. 12, №. 2. С. 118–139. <http://doi.org/10.5922/2079-8555-2020-2-8>
5. Shafiei E., Davidsdottir B., Stefansson H., Asgeirsson E., Fazeli R., Gestsson M., Leaver J. Simulation-based appraisal of tax-induced electro-mobility promotion in Iceland and prospects for energy-economic development // Energy Policy. 2019. Vol. 133. Article No. 110894. <http://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.110894>
6. Фасхиев Х. А. Газо- или электромобилизация? Россия на обочине прогресса // ЭКО. 2018. Т. 532, № 1. С. 97–116. <http://doi.org/10.30680/ECO0131-7652-2018-10-97-116>
7. Фасхиев Х. А. Рынок электромобилей – маховик раскрутился // ЭКО. 2020. Т. 548, № 2. С. 102–122. <http://doi.org/10.20542/0131-2227-2022-66-7-55-65>
8. Синуцын М. В. Влияние продвижения легковых электромобилей на потребление нефти // ЭКО. 2020. Т. 556, № 10. С. 65–87. <http://doi.org/10.30680/ECO0131-7652-2020-10-65-87>
9. Dhakal T., Min K. S. Macro study of global electric vehicle expansion // Foresight and STI Governance. 2021. Vol. 15, No. 1. Pp. 67–73. <http://doi.org/10.17323/2500-2597.2021.1.67.73>
10. Holland S. P., Mansur E. T., Muller N. Z., Yates A. J. Environmental Benefits from Driving Electric Vehicles? // NBER Working Paper Series. Working Paper 21291. Cambridge: National Bureau of Economic Research, 2015. 46 p. <http://doi.org/10.3386/w21291>
11. Holland S. P., Mansur E. T., Muller N. Z., Yates A. J. Are There Environmental Benefits from Driving Electric Vehicles? The Importance of Local Factors // American Economic Review. 2016. Vol. 106, No. 12. Pp. 3700–3729. <http://doi.org/10.1257/aer.20150897>
12. Costa C. M., Barbosa J. C., Gonçalves R., Castro H., Del Campo F. J., Lanceros-Méndez S. Recycling and environmental issues of lithium-ion batteries: Advances, challenges and opportunities // Energy Storage Materials. 2021. Vol. 37. Pp. 433–465. <http://doi.org/10.1016/j.ensm.2021.02.032>
13. Secinaro S., Calandra D., Lanzalonga F., Ferraris A. Electric vehicles' consumer behaviours: Mapping the field and providing a research agenda // Journal of Business Research. 2022. Vol. 150. Pp. 399–416. <http://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.06.011>
14. Dezhina I., Radnabazarova S. Stimulating demand for electric vehicles in the world and Russian context // World Economy and International Relations. 2022. Vol. 66, No. 7. Pp. 55–65. <http://doi.org/10.20542/0131-2227-2022-66-7-55-65>
15. Bass F. M. A new product growth for model consumer durables // Management Science. 1969. Vol. 15, No. 5. Pp. 215–227. <http://doi.org/10.1287/mnsc.15.5.215>
16. Dodds W. An application of the Bass model in long-term new product forecasting // Journal of Marketing Research. 1973. Vol. 10, Issue 3. Pp. 308–311. <http://doi.org/10.1177/002224377301000313>
17. Massiani J. Using stated preferences to forecast alternative fuel vehicles market diffusion // Italian Journal of Regional Science. 2012. Vol. 11, No. 3. Pp. 93–122. <http://doi.org/10.3280/SCRE2012-003006>

18. *Massiani J., Gohs A.* The choice of Bass model coefficients to forecast diffusion for innovative products: An empirical investigation for new automotive technologies // *Research in Transportation Economics*. 2015. Vol. 50. Pp. 17–28. <http://doi.org/10.1016/j.retrec.2015.06.003>
19. *Bass F. M., Krishnan T. V., Jain D. C.* Why the Bass Model Fits without Decision Variables // *Marketing Science*. 1994. Vol. 13, No. 3. Pp. 203–223. <http://doi.org/10.1287/mksc.13.3.203>
20. *Zhu Z., Du H.* Forecasting the number of electric vehicles: a case of Beijing // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2018. Vol. 170, No. 4. Article No. 042037. <http://doi.org/10.1088/1755-1315/170/4/042037>
21. *Carlucci F., Cirà A., Lanza G.* Hybrid Electric Vehicles: Some Theoretical Considerations on Consumption Behaviour // *Sustainability*. 2018. Vol. 10, Issue 4. P. 1302. <https://doi.org/10.3390/su10041302>
22. *Park S. Y., Kim J. W., Lee D. H.* Development of a market penetration forecasting model for Hydrogen Fuel Cell Vehicles considering infrastructure and cost reduction effects // *Energy Policy*. 2011. Vol. 39, Issue 6. Pp. 3307–3315. <http://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.03.021>
23. *Jensen A. F., Cherchi E., Mabit S. L., Ortúzar J. D. D.* Predicting the potential market for electric vehicles // *Transportation Science*. 2014. Vol. 51, No. 2. Pp. 427–440. <http://doi.org/10.1287/trsc.2015.0659>
24. *Mahajan V., Muller E., Bass F. M.* New product diffusion models in marketing: a review and directions for research // *Journal of Marketing*. 1990. Vol. 54, Issue 1. Pp. 1–26. <http://doi.org/10.1177/002224299005400101>
25. *Sultan F., Farley J. U., Lehmann D. R.* A meta-analysis of applications of diffusion models // *Journal of Marketing Research*. 2018. Vol. 27, Issue 1. Pp. 70–77. <http://doi.org/10.1177/002224379002700107>
26. *Talukdar D., Sudhir K., Ainslie A.* Investigating new product diffusion across products and countries // *Marketing Science*. 2002. Vol. 21, No. 1. Pp. 97–114. <http://doi.org/10.1287/mksc.21.1.97.161>
27. *Rogers E. M.* *Diffusion of Innovations*. Third Edition. New York : The Free Press, 1983. URL: <https://ssrn.com/abstract=1496176>
28. *Stoneman P.* Intra-Firm Diffusion, Bayesian Learning and Profitability // *The Economic Journal*. 1981. Vol. 91, Issue 362. Pp. 375–388. <http://doi.org/10.2307/2232591>
29. *Costa V., Bonatto B., Zambroni A., Ribeiro P., Castilla M., Arango L.* Renewables with energy storage: A time-series socioeconomic model for business and welfare analysis // *Journal of Energy Storage*. 2022. Vol. 47. P. 103659. <http://doi.org/10.1016/j.est.2021.103659>
30. *Horvat A., Fogliano V., Luning P. A.* Modifying the Bass diffusion model to study adoption of radical new foods—The case of edible insects in the Netherlands // *PLOS ONE*. 2020. Vol. 15, Issue 6. P. e0234538. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0234538>
31. *Tigert D., Farivar B.* The Bass new product growth model: a sensitivity analysis for a high technology product // *Journal of Marketing*. 2018. Vol. 45, Issue 4. Pp. 81–90. <http://doi.org/10.1177/002224298104500411>
32. *Hyman M. R.* The timeliness problem in the application of bass-type new product-growth models to durable sales forecasting // *Journal of Business Research*. 1988. Vol. 16, Issue 1. Pp. 31–47. [http://doi.org/10.1016/0148-2963\(88\)90079-3](http://doi.org/10.1016/0148-2963(88)90079-3)
33. *Sharif M. N., Ramanathan K.* Binomial innovation diffusion models with dynamic potential adopter population // *Technological Forecasting and Social Change*. 1981. Vol. 20, Issue 1. Pp. 63–87. [http://doi.org/10.1016/0040-1625\(81\)90041-X](http://doi.org/10.1016/0040-1625(81)90041-X)
34. *Kalish S.* A new product adoption model with price, advertising, and uncertainty // *Management Science*. 1985. Vol. 31, No. 12. Pp. 1569–1585. <http://doi.org/10.1287/mnsc.31.12.1569>
35. *Robinson B., Lakhani C.* Dynamic price models for new-product planning // *Management Science*. 1975. Vol. 21, No. 10. Pp. 1113–1122. <http://doi.org/10.1287/mnsc.21.10.1113>

36. Mahajan V., Peterson R. Models for Innovation Diffusion. Sage, 1985. <https://doi.org/10.4135/9781412985093>
37. Horsky D., Simon L. S. Advertising and the diffusion of new products // Marketing Science. 1983. Vol. 2, No. 1. Pp. 1–17. <http://doi.org/10.1287/mksc.2.1.1>
38. Kamakura W. A., Balasubramanian S. K. Long-term view of the diffusion of durables A study of the role of price and adoption influence processes via tests of nested models. International // Journal of Research in Marketing. 1988. Vol. 5. Pp. 1–13. URL: <https://ssrn.com/abstract=2428868>
39. Jain D. C., Rao R. C. Effect of price on the demand for durables: Modeling, estimation, and findings // Journal of Business and Economic Statistics. 1990. Vol. 8, Issue 2. Pp. 163–170. <http://doi.org/10.1080/07350015.1990.10509787>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Колян Нелли Сергеевна

Лаборант-исследователь лаборатории экономики климатических изменений и экологического развития Сибирского федерального университета, г. Красноярск, Россия (660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79); ORCID <https://orcid.org/0000-0003-2960-2251> e-mail: nelly.kolyan@gmail.com

Плесовских Александр Евгеньевич

Лаборант-исследователь лаборатории экономики климатических изменений и экологического развития Сибирского федерального университета, г. Красноярск, Россия (660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79); ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8507-9501> e-mail: alexandermcme@gmail.com

Гордеев Роман Викторович

Старший научный сотрудник лаборатории экономики климатических изменений и экологического развития, г. Красноярск, Россия (660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79); ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2769-3914> e-mail: rgordeev@sfu-kras.ru

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № FSRZ-2021–0011).

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ

Колян Н. С., Плесовских А. Е., Гордеев Р. В. Прогнозная оценка потенциального рынка электромобилей и эффектов снижения выбросов парниковых газов в России // Journal of Applied Economic Research. 2023. Т. 22, № 3. С. 497–521. <https://doi.org/10.15826/vestnik.2023.22.3.021>

ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ

Дата поступления 26 декабря 2022 г.; дата поступления после рецензирования 13 марта 2023 г.; дата принятия к печати 8 июня 2023 г.

Predictive Assessment of the Potential Electric Vehicle Market and the Effects of Reducing Greenhouse Gas Emissions in Russia

Nelly S. Kolyan  , Alexander E. Plesovskikh , Roman V. Gordeev 

Siberian Federal University,
Krasnoyarsk, Russia

 nelly.kolyan@gmail.com

Abstract. In recent decades, the global adoption of alternative fuel vehicles, which may contribute to carbon emission reduction due to the use of alternative energy sources has stirred particular interest. Despite a significant body of scientific literature in Russia about electric vehicle adoption, the approaches used in papers lack quantitative estimates of the Russian market's potential. This paper aims to fill this gap as it provides a long-term electric vehicle market forecast in Russia as well as assesses the environmental effects. The following hypotheses are tested: (1) the Bass model is applicable to predict the long-term electric vehicle diffusion process in Russia; (2) the transition to electric cars will have a significant impact on greenhouse gas emission reduction. The Bass model, a widely used tool for predicting the innovation diffusion process, serves as a methodological base for the research. The long-term forecast of the Russian electric car fleet includes several scenarios. The most realistic scenario suggests that the Russian electric vehicle market is estimated to grow, reaching 5.62 million units by 2060. Furthermore, the environmental effects associated with electric vehicle adoption were identified. Two scenarios for changes in the energy generation structure were taken into consideration. The expected carbon emission reduction is estimated to reach 14.08 million tons in CO₂-eq. if an accelerated transition to low-carbon energy sources is implemented, the baseline scenario suggests 12.86 million tons in CO₂-eq. carbon emission reduction. The estimates of the transport diffusion in Russia as well as of environmental effects associated with this process form the theoretical value of the study. The practical significance of the study suggests developing electric vehicle demand forecasts that might be utilized while implementing measures to achieve goals stated in the Strategy of Social and Economic Development with a Low Level of Greenhouse Gas Emissions until 2050 in the Russian Federation.

Key words: electric vehicles; innovation diffusion; electric vehicle fleet forecasting; potential market; Bass model; low-carbon economy.

JEL C22, Q53, E27

References

1. Ziaizov, D. S., Pyzhev, A. I., Pyzheva, Iu. I. (2019). Ekonomicheskie mekhanizmy bor'by s zagriazneniem atmosfernogo vozdukha krupnykh rossiiskikh gorodov (Economic mechanisms to control air pollution: Evidence from major Russian cities). *Regionalnaia ekonomika: teoriia i praktika (Regional Economics: Theory and Practice)*. Vol. 17, No. 10, 1991–2008. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.24891/re.17.10.1991>
2. Grushevenko, D., Grushevenko, E., Kulagin, V. (2018). Energy consumption of the Russian road transportation sector: prospects for inter-fuel competition in terms of technological innovation. *Foresight and STI Governance*, Vol. 12, No. 4, 35–44. <http://doi.org/10.17323/2500-2597.2018.4.35.44>
3. Porfiryev, B. N. (2019). Effective action strategy to cope with climate change and Its impact on Russia's economy. *Studies on Russian Economic Development*, Vol. 30, No. 3, 235–244. <http://doi.org/10.1134/S1075700719030134>

4. Katalevskii, D.Iu., Gareev, T.R. (2020). Imitatsionnoe modelirovanie dlia prognozirovaniia razvitiia avtomobilnogo elektrotransporta na urovne regiona (Development of electric road transport: simulation modelling). *Baltiiskii region (The Baltic Region)*, Vol. 12, No. 2, 118–139. (In Russ.). <http://doi.org/10.5922/2079-8555-2020-2-8>
5. Shafiei, E., Davidsdottir, B., Stefansson, H., Asgeirsson, E., Fazeli, R., Gestsson, M., Leaver, J. (2019). Simulation-based appraisal of tax-induced electro-mobility promotion in Iceland and prospects for energy-economic development. *Energy Policy*, Vol. 133, 110894. <http://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.110894>
6. Faskhiev, Kh. A. (2018). Gazo- ili elektromobilizatsiia? Rossiia na obochine progressa (Gas or Electric Immobilization? Russia is on the Sidelines of Progress). *EKO (ECO)*, Vol. 532, No. 1, 97–116. (In Russ.). <http://doi.org/10.30680/ESO0131-7652-2018-10-97-116>
7. Faskhiev, Kh. A. (2020). Rynok elektromobilei – makhovik raskrutilsia (Electric Car Market – Spinning Flywheel). *EKO (ECO)*, Vol. 548, No. 2, 102–122. (In Russ.). <http://doi.org/10.20542/0131-2227-2022-66-7-55-65>
8. Sinitsyn, M. V. (2020). Vliianie prodvizheniia legkovykh elektromobilei na potreblenie nefti (The impact of promoting electric cars on oil consumption). *EKO (ECO)*, Vol. 556, No. 10, 65–87. (In Russ.). <http://doi.org/10.30680/ESO0131-7652-2020-10-65-87>
9. Dhakal, T., Min, K. S. (2021). Macro study of global electric vehicle expansion. *Foresight and STI Governance*, Vol. 15, No. 1, 67–73. <http://doi.org/10.17323/2500-2597.2021.1.67.73>
10. Holland, S. P., Mansur, E. T., Muller, N. Z., Yates, A. J. (2015). Environmental Benefits from Driving Electric Vehicles? *NBER Working Paper Series*. Working Paper 21291. Cambridge, National Bureau of Economic Research, 46 p. <http://doi.org/10.3386/w21291>
11. Holland, S. P., Mansur, E. T., Muller, N. Z., Yates, A. J. (2016). Are There Environmental Benefits from Driving Electric Vehicles? The Importance of Local Factors. *American Economic Review*, Vol. 106, No. 12, 3700–3729. <http://doi.org/10.1257/aer.20150897>
12. Costa, C. M., Barbosa, J. C., Gonçalves, R., Castro, H., Del Campo, F. J., Lanceros-Méndez, S. (2021). Recycling and environmental issues of lithium-ion batteries: Advances, challenges and opportunities. *Energy Storage Materials*, Vol. 37, 433–465. <http://doi.org/10.1016/j.ensm.2021.02.032>
13. Secinaro, S., Calandra, D., Lanzalonga, F., Ferraris, A. (2022). Electric vehicles' consumer behaviours: Mapping the field and providing a research agenda. *Journal of Business Research*, Vol. 150, 399–416. <http://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.06.011>
14. Dezhina, I., Radnabazarova, S. (2022). Stimulating demand for electric vehicles in the world and Russian context. *World Economy and International Relations*, Vol. 66, No. 7, 55–65. <http://doi.org/10.20542/0131-2227-2022-66-7-55-65>
15. Bass, F. M. (1969). A new product growth for model consumer durables. *Management Science*, Vol. 15, No. 5, 215–227. <http://doi.org/10.1287/mnsc.15.5.215>
16. Dodds, W. (1973). An application of the Bass model in long-term new product forecasting. *Journal of Marketing Research*, Vol. 10, Issue 3, 308–311. <http://doi.org/10.1177/002224377301000313>
17. Massiani, J. (2012). Using stated preferences to forecast alternative fuel vehicles market diffusion. *Italian Journal of Regional Science*, Vol. 11, No. 3, 93–122. <http://doi.org/10.3280/SCRE2012-003006>
18. Massiani, J., Gohs, A. (2015). The choice of Bass model coefficients to forecast diffusion for innovative products: An empirical investigation for new automotive technologies. *Research in Transportation Economics*, Vol. 50, 17–28. <http://doi.org/10.1016/j.retrec.2015.06.003>
19. Bass, F. M., Krishnan, T. V., Jain, D. C. (1994). Why the Bass Model Fits without Decision Variables. *Marketing Science*, Vol. 13, No. 3, 203–223. <http://doi.org/10.1287/mksc.13.3.203>
20. Zhu, Z., Du, H. (2018). Forecasting the number of electric vehicles: a case of Beijing. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Vol. 170, No. 4, 042037. <http://doi.org/10.1088/1755-1315/170/4/042037>

21. Carlucci, F., Cirà, A., Lanza, G. (2018). Hybrid Electric Vehicles: Some Theoretical Considerations on Consumption Behaviour. *Sustainability*, Vol. 10, Issue 4, 1302. <https://doi.org/10.3390/su10041302>
22. Park, S. Y., Kim, J. W., Lee, D. H. (2011). Development of a market penetration forecasting model for Hydrogen Fuel Cell Vehicles considering infrastructure and cost reduction effects. *Energy Policy*, Vol. 39, Issue 6, 3307–3315. <http://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.03.021>
23. Jensen, A. F., Cherchi, E., Mabit, S. L., Ortúzar, J. D. D. (2014). Predicting the potential market for electric vehicles. *Transportation Science*, Vol. 51, No. 2, 427–440. <http://doi.org/10.1287/trsc.2015.0659>
24. Mahajan, V., Muller, E., Bass, F. M. (1990). New product diffusion models in marketing: a review and directions for research. *Journal of Marketing*, Vol. 54, Issue 1, 1–26. <http://doi.org/10.1177/002224299005400101>
25. Sultan, F., Farley, J. U., Lehmann, D. R. (2018). A meta-analysis of applications of diffusion models. *Journal of Marketing Research*, Vol. 27, Issue 1, 70–77. <http://doi.org/10.1177/002224379002700107>
26. Talukdar, D., Sudhir, K., Ainslie, A. (2002). Investigating new product diffusion across products and countries. *Marketing Science*, Vol. 21, No. 1, 97–114. <http://doi.org/10.1287/mksc.21.1.97.161>
27. Rogers, E. M. (1983). *Diffusion of Innovations*. Third Edition. New York, The Free Press. URL: <https://ssrn.com/abstract=1496176>
28. Stoneman, P. (1981). Intra-Firm Diffusion, Bayesian Learning and Profitability. *The Economic Journal*, Vol. 91, Issue 362, 375–388. <http://doi.org/10.2307/2232591>
29. Costa, V., Bonatto, B., Zambroni, A., Ribeiro, P., Castilla, M., Arango, L. (2022). Renewables with energy storage: A time-series socioeconomic model for business and welfare analysis. *Journal of Energy Storage*, Vol. 47, 103659. <http://doi.org/10.1016/j.est.2021.103659>
30. Horvat, A., Fogliano, V., Luning, P. A. (2020). Modifying the Bass diffusion model to study adoption of radical new foods—The case of edible insects in the Netherlands. *PLOS ONE*, Vol. 15, Issue 6, e0234538. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0234538>
31. Tigert, D., Farivar, B. (2018). The Bass new product growth model: a sensitivity analysis for a high technology product. *Journal of Marketing*, Vol. 45, Issue 4, 81–90. <http://doi.org/10.1177/002224298104500411>
32. Hyman, M. R. (1988). The timeliness problem in the application of bass-type new product-growth models to durable sales forecasting. *Journal of Business Research*, Vol. 16, Issue 1, 31–47. [http://doi.org/10.1016/0148-2963\(88\)90079-3](http://doi.org/10.1016/0148-2963(88)90079-3)
33. Sharif, M. N., Ramanathan, K. (1981). Binomial innovation diffusion models with dynamic potential adopter population. *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 20, Issue 1, 63–87. [http://doi.org/10.1016/0040-1625\(81\)90041-X](http://doi.org/10.1016/0040-1625(81)90041-X)
34. Kalish, S. (1985). A new product adoption model with price, advertising, and uncertainty. *Management Science*, Vol. 31, No. 12, 1569–1585. <http://doi.org/10.1287/mnsc.31.12.1569>
35. Robinson, B., Lakhani, C. (1975). Dynamic price models for new-product planning. *Management Science*, Vol. 21, No. 10, 1113–1122. <http://doi.org/10.1287/mnsc.21.10.1113>
36. Mahajan, V., Peterson, R. (1985). *Models for Innovation Diffusion*. Sage. <https://doi.org/10.4135/9781412985093>
37. Horsky, D., Simon, L. S. (1983). Advertising and the diffusion of new products. *Marketing Science*, Vol. 2, No. 1, 1–17. <http://doi.org/10.1287/mksc.2.1.1>
38. Kamakura, W. A., Balasubramanian, S. K. (1988). Long-term view of the diffusion of durables A study of the role of price and adoption influence processes via tests of nested models. *International Journal of Research in Marketing*, Vol. 5, 1–13. URL: <https://ssrn.com/abstract=2428868>
39. Jain, D. C., Rao, R. C. (1990). Effect of price on the demand for durables: Modeling, estimation, and findings. *Journal of Business and Economic Statistics*, Vol. 8, Issue 2, 163–170. <http://doi.org/10.1080/07350015.1990.10509787>

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Nelly Sergeevna Kolyan

Research Assistant, Laboratory for Economics of Climate Change and Environmental Development, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia (660041, Krasnoyarsk, Svobodny Avenue, 79); ORCID <https://orcid.org/0000-0003-2960-2251> e-mail: nelly.kolyan@gmail.com

Alexander Evgenievich Plesovskikh

Research Assistant, Laboratory for Economics of Climate Change and Environmental Development, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia (660041, Krasnoyarsk, Svobodny Avenue, 79); ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8507-9501> e-mail: alexandermeme@gmail.com

Roman Viktorovich Gordeev

Senior researcher, Laboratory for Economics of Climate Change and Environmental Development, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia (660041, Krasnoyarsk, Svobodny Avenue, 79); ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2769-3914> e-mail: rgordeev@sfu-kras.ru

ACKNOWLEDGMENTS

The study was funded by the State Assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (Project No. FSRZ-2021-0011).

FOR CITATION

Kolyan, N. S., Plesovskikh, A. E., Gordeev, R. V. (2023). Predictive Assessment of the Potential Electric Vehicle Market and the Effects of Reducing Greenhouse Gas Emissions in Russia. *Journal of Applied Economic Research*, Vol. 22, No. 3, 497–521. <https://doi.org/10.15826/vestnik.2023.22.3.021>

ARTICLE INFO

Received December 26, 2022; Revised March 13, 2023; Accepted June 8, 2023.

