



Псковский регионологический журнал 2013-2024

ISSN 2079-8784

URL - <http://ras.jes.su>

Все права защищены

Выпуск 2 (46) Том . 2021

## Прогнозирование развития национальных рынков электромобилей

**Корнейчук Борис Васильевич**

*Профессор, Национальный исследовательский университет "Высшая школа экономики"*

*Российская Федерация, Санкт-Петербург*

### Аннотация

Рассмотрена проблема прогнозирования развития национальных рынков электромобилей в контексте глобальной тенденции энергетического перехода. Актуальность проблемы обусловлена тем, что развитие рынка электромобилей играет важную роль в процессе замещения традиционных источников энергии возобновляемыми источниками. Вместе с тем, прогнозы развития национальных рынков электромобилей часто характеризуются значительными ошибками, что обуславливает необходимость разработки надежных методов прогнозирования, учитывающих особенности национальных экономик. Для решения данной задачи предложен мульти-трендовый подход к построению смешанного тренда для количества электромобилей и их удельного веса на рынке автомобилей, который основан на моделировании тенденции развития национального рынка в виде линейной комбинации логистического, линейного и экспоненциального трендов с весовыми коэффициентами, зависящими от степени отклонения трендов от фактических данных. На основе предложенной модификации данного метода были составлены прогнозы развития рынка электромобилей для десяти стран на период 2018–2019 гг., которые показали высокую надежность. Разработан также прогноз на период 2020–2024 гг. Показано, что причиной ошибок прогнозов часто служит стремление использовать логистическую кривую в качестве универсального инструмента анализа без учета других компонент динамики национальных рынков электромобилей.

**Ключевые слова:** национальные рынки, электромобиль, возобновляемая энергия, логистическая модель роста, прогнозирование развития региона, мульти-трендовый подход

**Дата публикации:** 28.06.2021

**Ссылка для цитирования:**

Корнейчук Б. В. Прогнозирование развития национальных рынков электромобилей // Псковский регионологический журнал – 2021. – Выпуск 2 (46) С. 31-45 [Электронный ресурс]. URL: <https://prj.pskgu.ru/S221979310013726-1-1> (дата обращения: 05.07.2024). DOI: 10.37490/S221979310013726-1

<sup>1</sup> **Введение.** Развитие национальных рынков электромобилей является важным элементом энергетического перехода — глобальной тенденции замещения традиционных углеводородных источников возобновляемыми источниками. Национальные рынки электромобилей развиваются опережающими темпами, и им свойственна высокая неравномерность развития в региональном аспекте. Так, в 2019 г. парк электромобилей в Бразилии вырос на 173 %, Финляндии — 90 %, Австралии — 84 %, Швеции — 23 %, Мексики — 17 %, Японии — 15 %<sup>1</sup>. Высокая степень региональной дифференциации темпов роста требует, чтобы методы анализа и прогнозирования были чувствительны к особенностям национальных тенденций развития. Методы прогнозирования рынков автомобилей играют особую роль в управлении современной экономикой, поскольку позволяют предвидеть изменения в структуре энергопотребления страны, экологической ситуации, транспортной системе и градостроительстве, внешней торговле, потребительском поведении.

<sup>2</sup> Вместе с тем существующие методы прогнозирования не способны в необходимой мере учитывать национальные особенности рынков электромобилей. В работе сделан акцент на применении статистических методов прогнозирования, которые при анализе рынков электромобилей часто сводятся к построению логистической кривой, описывающей замещение (диффузию) старой технологии новой технологией. Однако динамика национальных рынков автомобилей демонстрирует большую сложность по сравнению с логистическим трендом, поскольку она в той или иной степени также характеризуется иными компонентами: линейным, экспоненциальным и др. Поскольку в каждой стране разные компоненты тренда развития рынка электромобилей проявляются в разной мере, требуется разработка методов «тонкой настройки» в рамках регионального подхода к прогнозированию их динамики. Таким образом, прогнозирование развития национальных рынков электромобилей является актуальной проблемой, решение которой позволит предвидеть и учитывать в экономической практике важную составляющую глобального процесса энергетического перехода. Проблема находится на начальной стадии изучения и требует теоретического анализа и инструментального решения на основе регионального подхода.

<sup>3</sup> **Цель статьи.** Автор поставил цель разработать инструментальный метод прогнозирования развития национального рынка электромобилей на основе анализа статистических данных и предложенного модифицированного мульти-

трендового подхода. Исследуемые рынки включают электромобили обеих основных технологий (*BEV* и *PHEV*), а в качестве индикаторов развития рынка приняты количество электромобилей (парк) в стране и их удельный вес среди всех автомобилей (рыночная доля). Объектами исследования выбраны десять стран с наиболее развитыми рынками электромобилей. Для достижения цели автором поставлены следующие задачи:

- описать и обосновать модифицированный мульти-трендовый подход, полученный включением в алгоритм расчёта корректирующего коэффициента, который учитывает особенности развития национального рынка электромобилей и позволяет осуществить «тонкую настройку» метода прогнозирования;

- для каждой страны определить корректирующий коэффициент, который минимизирует отклонение смешанного тренда развития национального рынка автомобилей от фактических данных;

- на основе фактических данных 2013–2019 гг. с учётом корректирующих коэффициентов построить прогнозы динамики показателей количества электромобилей и их рыночной доли для десяти стран на 2020–2024 гг.;

- построенные прогнозы развития национальных рынков электромобилей проанализировать в территориальном аспекте, выделить региональные группы стран со сходным характером ожидаемой динамики рынков и факторов их развития.

<sup>4</sup> **Исходные предпосылки. Обзор теоретических работ.** Методы прогнозирования рынка электромобилей подразделяют на три основные группы: диффузионные модели логистического роста, многофакторный анализ и модели потребительского выбора. Применение *диффузионной модели* при прогнозировании развития возобновляемых источников энергии основано на предположении о существовании максимального объёма использования каждого вида энергии. Логистическая кривая рассматривается при этом в качестве эффективного инструмента прогнозирования рынка электромобилей, поскольку она монотонно возрастает от нуля до постоянного коэффициента насыщения, сменяя фазу ускоренного роста на фазу замедленного роста. С. Цай и соавторы доказывают, что логистический тренд в силу своей ограниченности даёт более точные прогнозы по сравнению с линейным трендом [33]. С. Дэвидссон и соавторы доказывают, что логистическая кривая более точно описывает рост мощности возобновляемой энергии по сравнению с экспонентой [10]. Дж. Хансен и соавторы считают очевидным, что рост мощности возобновляемой энергии описывается логистической кривой, при этом они оспаривают применимость для этих целей экспоненциальной кривой [16]. В. Квасниcki считает, что логистическая модель эффективна в региональных исследованиях, поскольку позволяет предсказывать потенциальные доли национальных экономик в глобальном ВВП и сравнивать конкурентоспособность стран [23]. К. Рипдал видит преимущество логистической модели в том, что она способна описывать быстрый переход к стадии нулевого роста, но он сомневается в её универсальности вследствие ограниченности логистической функции и неспособности описывать научно-технический прогресс [32]. Т. Харрис и соавторы предложили мульти-циклическую логистическую модель с четырьмя параметрами [17]. З. Мохаммед и соавтор показали, что логистическая модель с фиксированным коэффициентом насыщения даёт заниженные прогнозы. Предложенная ими модель может

использоваться в региональных исследованиях, поскольку в ней коэффициент насыщения зависит от численности населения страны [27]. Перспективным направлением развития логистической модели является построение региональных трендов развития. Д. Мэдсен и соавтор применили *мульти-трендовый подход*, предполагающий построение функции роста мощности альтернативной энергии в виде суммы нескольких трендов. Для ряда стран ими построены тренды в виде суммы нескольких логистических трендов с разными коэффициентами насыщения [26].

5 При прогнозировании развития рынков электромобилей метод построения логистического тренда на основе эмпирических данных используется наиболее часто [5; 6; 31]. Более сложный подход основан на использовании модели Ф. Басса, которая определяет логистическую кривую [7; 13; 21]. А. Редондо и А. Кагигас используют расширенную версию модели Басса, которая учитывает различные поколения продукта [30]. Д. Дубин и соавторы предлагают смешанную модель прогнозирования, в которой модель Басса дополняется построением линейной регрессии для функции продаж электромобилей [11]. С. Ли и соавторы сравнивают модель Басса с родственной моделью Лоттка-Вольтерра и заключают, что хотя модель Басса не способна учитывать внешние факторы, она даёт более точные прогнозы [25].

6 *Многофакторный подход* к прогнозированию рынка электромобилей является альтернативой диффузионной модели, которая предполагает проведение лишь формального теоретико-статистического анализа данных без учёта содержательных аспектов динамики рынка. Т. Гнанн и соавторы провели сравнительный анализ 40 научных статей, в которых диффузионные модели используются для прогнозирования рынка электромобилей. Они пришли к выводу, что параметры рынка невозможно точно предсказать формальными методами, но теоретические модели позволяют понять движущие причины его динамики. Авторы считают, что существующие модели охватывают недостаточное число факторов [15]. В. Аль-Алави и соавтор считают, что прогнозы развития рынка электромобилей должны учитывать статистику потребления, меры господдержки, конкуренцию технологий, классификацию автомобилей [4]. А. Ким и соавтор предложили модель спроса на электромобили, учитывающую экономические, технические и социальные факторы [22]. А. Редондо и соавтор учитывают три фактора: цену на нефть, меры господдержки рынка и степень развития инфраструктуры [30]. Второй и третий фактор позволяют учитывать региональные особенности рынка, в то время как ценовой фактор универсален для всех стран. Однако именно он наиболее часто принимается в качестве единственного драйвера рынка. Так, в ряде работ цена литиево-ионной батареи служит определяющим фактором динамики [5; 6; 14; 29]. П. Йохем и соавторы обращают внимание на сложившуюся тенденцию применения гибридных эмпирических подходов, которые учитывают совместно микро- и макроэкономические факторы развитие рынка электромобилей [20]. С. Зуге и соавторы применили пространственный подход к анализу рынка электромобилей и предложили урбанистическую модель, основанную на анализе плотности транспортной инфраструктуры. Она может быть полезна при прогнозировании региональных рынков электромобилей на микроуровне, но неприменима при анализе национальных рынков [35].

7 *Модели потребительского выбора* основаны на анализе индивидуальных предпочтений, которые в ряде работ служат единственным фактором развития рынка электромобилей [9]. К. Лебру и соавторы строят прогноз на анализе предпочтений потребителей в отношении девяти характеристик электромобилей [24]. Т. Гнанин и соавторы предложили модель прогнозирования, в которой индивидуальные решения, основанные на максимизации полезности, подвергаются агрегированию и в итоге определяют спрос на электромобили [14]. Ф. Еггерс и соавтор предложили и апробировали модель прогнозирования, которая использует шкалу потребительских предпочтений и учитывает также другие факторы: розничную цену, время входа на рынок, степень развития транспортной инфраструктуры [12]. Ю. Орбах и соавтор исследуют совместно мотивацию потребителей покупать электромобиль и мотивацию фирм улучшать его. Такой подход, по их мнению, позволяет не только прогнозировать развитие рынка электромобилей, но и предвидеть изменения технологии [29]. А. Хиггинс и соавторы предложили диффузионную модель рынка электромобилей, которая включает модель потребительского выбора и учитывает семь финансовых и нефинансовых критериев [18]. А. Дженсен и соавторы сравнивают диффузионную модель и модель потребительского выбора. Они рассчитали прогнозы рыночной доли электромобилей в Дании в 2019 г. и заключили, что второй метод более точен. Однако сравнение их прогноза с фактическими данными приводит нас к противоположному выводу в пользу диффузионной модели [19]. Д. Каталевский и соавтор учитывают потребительские предпочтения, степень развития зарядной инфраструктуры и меры господдержки рынка. Кривая спроса на электромобили строится ими на основе собственных экспертных оценок, что характерно для прогнозов, основанных на анализе потребительского поведения, и является их слабым местом [1]. В целом, методы прогнозирования рынка электромобилей на основе анализа потребительских предпочтений используют субъективные данные и ориентированы на микроэкономические аспекты рынка, поэтому не могут применяться при анализе национальных рынков.

8 **Обзор эмпирических работ.** Прогнозирование рынка электромобилей обычно осуществляется двумя способами: первый предполагает расчёт конкретного значения прогнозируемого показателя, второй — определение границ его изменения. Прогнозы *первого вида* более удобны для практического использования, но они характеризуются меньшей точностью. Так, прогноз Н. Абханкара и соавторов для объема продаж электромобилей в Индии в 2020 г. превысил фактический объём продаж предыдущего года в 143 раза [3]. Прогноз Ю. Орбаха и соавтора для выручки от продаж электромобилей в США в 2018 г. оказался заниженным в 66 раз [29]. Прогноз П. Балдуччи для рыночной доли электромобилей в США в 2015 г. почти в три раза превысил фактическое значение [5]. Прогноз А. Редондо и соавтора для рынка электромобилей в США в 2020 г. основанный на модели Басса, оказался завышенным: для рыночной доли — в полтора раза, для годового объёма продаж — в двадцать раз [30]. Прогноз Ю. Занга и соавторов для объёма продаж электромобилей в Китае в 2019 г. оказался весьма точным с ошибкой 5 %, однако прогноз для США оказался завышенным более чем в семь раз [34].

9 Прогнозы *второго вида* обладают тем меньшей практической ценностью, чем шире ожидаемые границы прогнозируемого показателя, поскольку вероятность попадания фактического значения в прогнозный интервал возрастает. Прогноз Д. Блока и соавтора учитывает пять сценариев развития рынка электромобилей в США, которые различаются темпом роста объёма рынка. Прогнозы, рассчитанные как среднее значение самого пессимистичного и самого оптимистичного прогнозов, оказались близки к фактическим данным [8]. Прогноз Т. Гнанна и соавторов предполагает три сценария снижения цены батарей. На практике рынок электромобилей развивался по пессимистическому сценарию: фактическая рыночная доля в 2019 г. была равна пессимистическому прогнозу на 2020 г. [14]. Прогноз Е. Морганти и соавторов предполагает три сценария развития рынка электромобилей во Франции с разными темпами роста: пессимистический (20 %), умеренный (60 %), оптимистический (100 %). На практике рынок возрастал по пессимистическому сценарию: фактическая численность электромобилей в 2019 г. на 10 % превосходила пессимистический прогноз [28]. Прогноз Т. Беккера и соавторов предполагает три сценария развития рынка электромобилей в США, при этом фактическое значение рыночной доли в 2015 г. оказалось более чем в четыре раза ниже пессимистического прогноза [7].

10 Установление государством *целевых параметров* рынка электромобилей рассматривают как специфическую форму прогнозирования. В период 2011–2016 гг. ряд стран установили целевые ориентиры общего количества и рыночной доли электромобилей на 2020 г. Фактические значения первого показателя оказались существенно ниже целевых значений для большинства стран: для Франции — в 8 раз, Великобритании — 5 раз, Германии — 3 раза. Однако для США целевой уровень был превышен. Фактическое значение рыночной доли электромобилей превысило фактические значения для Японии и Франции приблизительно в два раза, но для Китая и Германии целевые ориентиры были превышены более чем в полтора раза<sup>2</sup>.

11 **Методика исследования.** В работе модифицирован мульти-трендовый подход к построению функций роста национального рынка электромобилей. Он основан на разложении тенденции развития рынка на три частных компонента (тренда): логистического, линейного и экспоненциального. Первый отвечает тенденции замедления роста рынка и его стремления к некому максимальному значению, второй — тенденции поступательного роста, третий — тенденции неограниченного ускоренного роста. Таким образом, мы исходим из того, что для развития рынка электромобилей в той или иной степени характерна каждая из трёх названных тенденций. Вклад каждой оценивается весовым коэффициентом, при этом набор весовых коэффициентов позволяет определить доминирующий тип развития, отвечающий наибольшему из них. Искомая функция роста является смешанным трендом и определяется как взвешенная средняя частных трендов.

12 Степень приближения тренда к фактическим данным оценивается статистическим показателем среднего относительного отклонения (*MAPE*). Чем он больше для частного тренда, тем слабее выражена соответствующая тенденция, тем меньше весовой коэффициент. Поэтому весовой коэффициент частного тренда мы рассчитываем как значение, обратно пропорциональное значению среднего

относительного отклонения, возведённому в степень  $k$ , которую мы называем *корректирующим коэффициентом*. Данный метод разработан и апробирован автором при прогнозировании мощности солнечной энергетики в регионе, но с универсальным единичным значением корректирующего коэффициента для всех стран [2]. В данной работе применён модифицированный метод с дифференцированными значениями корректирующего коэффициента для разных стран, он позволяет получить более точные прогнозы за счёт большей чувствительности метода к национальным особенностям рынка электромобилей. Корректирующий коэффициент рассчитывается индивидуально для каждой страны из условия минимизации среднего относительного отклонения функции роста за некоторый период. *Коэффициент насыщения* логистического тренда определён как значение, обеспечивающее минимальное среднее относительное отклонение (*MAPE*). Для его расчёта было рассмотрено дискретное множество возможных значений, для каждого из них был построен логистический тренд, и в итоге выбран тренд (и коэффициент насыщения) с минимальным отклонением от фактических данных.

<sup>13</sup> **Результаты исследования.** В основу расчётов положены данные о фактической динамике рынка электромобилей десяти стран за два семилетних периода. По данным за 2011–2017 гг. были построены смешанные тренды для количества и рыночной доли электромобилей, рассчитаны прогнозные значения этих показателей для 2018 г. и 2019 г., получены корректирующие коэффициенты для каждой страны. Сравнение полученных прогнозных и фактических данных доказало надёжность предложенного мульти-трендового метода прогнозирования. Данные за 2013–2019 гг. использовались для построения прогнозов развития рынка на 2020–2024 гг.

<sup>14</sup> *Таблица 1* Параметры смешанного тренда развития национального рынка электромобилей для периода 2011–2017 гг.\*

Страна	$k$	ЛОГ	ЛИН	ЭКС	Доминанта
Канада	0,0	0,333	0,333	0,333	Нет
Китай	0,0	0,333	0,333	0,333	Нет
Финляндия	9,0	0,019	0,047	0,934	ЭКС
Франция	1,3	0,564	0,258	0,178	ЛОГ
Германия	0,6	0,484	0,255	0,261	ЛОГ
Япония	1,0	0,240	0,623	0,137	ЛИН
Нидерланды	1,9	0,152	0,821	0,027	ЛИН
Швеция	1,7	0,824	0,120	0,056	ЛОГ
Великобритания	3,0	0,679	0,113	0,208	ЛОГ
США	0,6	0,316	0,474	0,210	ЛИН

\**Источник:* Рассчитано автором по данным *IEA: GlobalEVO Outlook. 2020*

<sup>15</sup> На *первом этапе* исследования для каждой страны по данным 2011–2017 гг. были построены логистический, линейный и экспоненциальный тренды для количества электромобилей и их рыночной доли, определены отклонения трендов от фактических данных (*MAPE*), рассчитаны весовые коэффициенты для

построения функции роста национального рынка, определены оптимальные значения корректирующих коэффициентов. В столбцах таблицы 1 показаны корректирующие коэффициенты ( $k$ ), весовые коэффициенты логистического (ЛОГ), линейного (ЛИН) и экспоненциального (ЭКС) трендов, указан доминирующий характер роста рынка. Минимальные значения  $MAPE$ , соответствующие выбранным корректирующим коэффициентам, не превосходят 11,7 % (для Китая). Их среднее значение по всем странам невелико и равно 4,5 %, что доказывает надёжность метода. Из таблицы 1 следует, что в указанный период логистический тренд описывал доминирующую тенденцию динамики роста рынка в четырёх странах (Франция, Германия, Швеция, Великобритания), линейный тренд — в трёх странах (Япония, Нидерланды, США), экспоненциальный тренд являлся доминирующим в Финляндии, а в двух странах доминирующая тенденция отсутствовала (Канада, Китай).

<sup>16</sup> На *втором этапе* полученные тренды были экстраполированы на 2018 г. и 2019 г. Поскольку максимальное отклонение прогнозных от фактических данных по всем странам не превысило 3,7 %, применение метода «обратного прогнозирования» подтвердило надёжность предложенного метода. На *третьем этапе* для каждой страны по данным 2013–2019 гг. были построены логистический, линейный и экспоненциальный тренды для количества электромобилей и их рыночной доли, определены отклонения трендов от фактических данных ( $MAPE$ ), рассчитаны новые весовые коэффициенты, построены функции роста объёма рынка и рыночной доли с использованием выбранного ранее корректирующего коэффициентов. На *четвёртом этапе* построенные тренды роста объёма рынка и рыночной доли были экстраполированы на период 2020–2024 гг. (табл. 2 и 3).

<sup>17</sup> *Таблица 2* Прогноз количества электромобилей ( $BEV$  и  $PHEV$ ) на 2020–2024 гг. (тыс. единиц)\*

Страна	2020	2021	2022	2023	2024
Канада	187	262	374	552	835
Китай	6234	10842	20412	40894	84730
Финляндия	58	115	231	462	921
Франция	279	342	430	529	636
Германия	356	489	685	992	1494
Япония	350	406	471	546	633
Нидерланды	248	295	351	418	498
Швеция	119	139	167	210	282
Великобритания	307	354	401	457	519
США	1808	2256	2825	3574	4566

\**Источник:* Рассчитано автором по данным *IEA: GlobalEVO Outlook. 2020.*

<sup>18</sup> *Таблица 3* Прогноз доли электромобилей ( $BEV$  and  $PHEV$ ) на рынке автомобилей в 2020–2024 гг. (%)\*

Страна	2020	2021	2022	2023	2024
Канада	4,1	5,6	7,7	10,7	12,1



Китай	8,7	13,2	21,1	35,3	60,4
Финляндия	8,8	13,5	21,5	35,5	60,0
Франция	3,2	3,7	4,4	5,1	5,9
Германия	4,1	5,5	7,4	10,2	15,3
Япония	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
Нидерланды	10,5	11,4	12,3	13,2	14,1
Швеция	14,7	19,3	25,5	34,7	48,2
Великобритания	3,0	3,4	3,8	4,1	4,6
США	2,6	3,0	3,5	4,0	4,5

\**Источник:* Рассчитано автором по данным *IEA: GlobalEVO Outlook. 2020.*

<sup>19</sup> На *пятом этапе* проведено сравнение полученных прогнозов с прогнозами других авторов. Наиболее часто ими применяется один из двух методов: построение логистического тренда или построение экспоненциального тренда. Каждый метод абсолютизирует единственную компоненту роста и поэтому приводит к значительным ошибкам: первый обычно даёт заниженные прогнозы, второй — завышенные. Метод прогнозирования первого вида применён Н. Ритманном и соавторами, их прогноз удельного веса электромобилей на 2023 г. оказался заниженным относительно нашего прогноза: для Финляндии — в 4,4 раза, Китая — 4,3, Канады — 2,8, Германии — 2,6, Швеции — 2,4, Нидерландов — 1,9, Франции и Великобритании — 1,6, Японии — 1,1 раза [31]. Метод прогнозирования второго вида был применён Л. Макдональдом. Его прогноз на 2019 г. оказался завышенным относительно фактических данных для доли электромобилей на рынке — на 10 %, объёма продаж — на 17 %. Прогноз на 2023 г. оказался завышенным относительно нашего прогноза соответственно на 41 % и 25 %<sup>3</sup>. Сопоставление данных сравнений позволяет сделать вывод о преимуществе нашего метода прогнозирования.

<sup>20</sup> На *шестом этапе* полученные прогнозы обобщены в пространственном аспекте: определены группы стран со сходным характером динамики рынка электромобилей, выявлены общие факторы его развития. Выделена группа стран с *консервативной политикой* в сфере автотранспорта — это США, Канада и Великобритания, тесно связанные культурными, языковыми, историческими, экономическими связями и характеризующиеся политикой невмешательства государства в экономику. В силу последнего обстоятельства ожидаемый рост рыночной доли электромобилей за 2020–2024 гг. для них оказался небольшим: в США — 1,7 раз, Канаде — 2,9 раз, Великобритании — 1,5 раза (рис.). После избрания президентом США Дж. Байдена эксперты ожидают замену консервативной политики на меры стимулирования: убеждённый сторонник «зелёной экономики» планирует заменить электромобилями правительственный автопарк автомобилей в количестве 650 тыс., что составляет почти половину нынешнего автопарка электромобилей страны<sup>4</sup>.

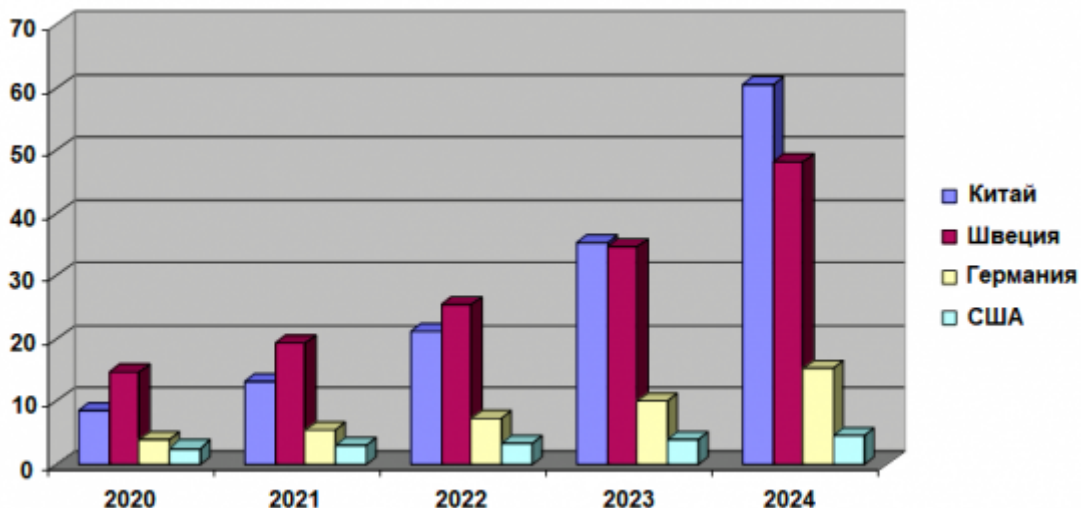


Рис. Прогноз доли электромобилей на рынке автомобилей в 2020–2024 гг. (%) (рассчитано автором по данным IEA: *GlobalEVOutlook*. 2020)

<sup>22</sup> Выделена также группа стран с *активной господдержкой* рынка автомобилей — это страны Северной Европы, которые в 2019 г. являлись мировыми лидерами по рыночной доле электромобилей: Норвегия — 55,9 %, Швеция — 11,4 %, Финляндия — 6,9 %. Причинами лидерства послужило то, что Норвегия к 2025 г. планирует полностью отказаться от бензиновых двигателей, Швеция — к 2030 г., а в Финляндии стимулом к росту рынка послужила госпрограмма утилизации автомобилей. Полагаем, что в ближайшие годы к ним присоединятся Нидерланды, где отказ от бензиновых двигателей к 2030 г. вызвал наивысший в мире рост рыночной доли электромобилей в 2019 г. — в 2,4 раза. Китай является *уникальной азиатской страной* с активной господдержкой рынка, где развивается производство электромобилей, и к 2035 г. будут запрещены бензиновые двигатели. Ожидаемый рост рыночной доли за 2020–2024 гг. в стране составляет 6,9 раз (см. рис.), в то же время в соседней Японии реализуется консервативная политика, и рыночная доля электромобилей вырастет лишь в 1,3 раза.

<sup>23</sup> Группа стран с *умеренной господдержкой* рынка автомобилей включает большинство стран континентальной Европы. Франция принадлежит к странам с низким уровнем господдержки — она планирует отказаться от бензиновых двигателей лишь к 2040 г., и ожидаемый рост рыночной доли электромобилей за 2020–2024 гг. составляет 1,8 раз. В Германии степень господдержки высока, и ожидается рост рыночной доли в 3,7 раз (см. рис.). Отдельную группу образуют развивающиеся страны с *низким уровнем дохода* на душу населения, в которых рынок электромобилей не сформировался, и отсутствуют необходимые данные для построения прогноза его развития. Так, в континентальной Азии (без Китая) Индия характеризуется наиболее развитым рынком электромобилей, но его доля в 2019 г. составляла лишь 0,1 %. В Латинской Америке передовыми странами являются: Бразилия, Мексика, Чили, в Африке — ЮАР, при этом доля рынка электромобилей в каждой стране не более 0,1 %.

**Заключение.** Развитие рынка электромобилей служит важным драйвером развития национальной экономики и социальной сферы. Поэтому его прогнозирование представляет актуальную научную и практическую проблему, которая далека от своего решения. Многие авторы используют логистическую модель в качестве универсального инструмента прогнозирования. Такой подход не учитывает специфику развития национального рынка, которая выражается в уникальном сочетании различных тенденций развития рынка и описывается трендами различных видов. Предложенный в статье модифицированный мульти-трендовый метод построения региональной функции позволяет определить относительную значимость частных трендов, провести «тонкую настройку» метода прогнозирования и построить достоверные прогнозы.

25 Национальные рынки автомобилей находятся на стадии становления: лишь в пятнадцати странах мира рыночная доля электромобилей в 2019 г. превышала 0,1 %. Передовым регионом в использовании электромобилей является Европа, где расположены восемь таких стран. Исследование показало, что характер прогнозируемой динамики национальных рынков североевропейских и прочих европейских стран существенно различается: рыночная доля электромобилей в Финляндии за 2020–2024 гг. вырастет в 6,8 раз, Швеции — 3,3 раза, Франции — 1,8 раз. При этом рынки электромобилей в ряде стран юга Европы настолько малы, что данные о них отсутствуют в отчётах *IEA*: Греция, Испания, Италия, Турция. Исследование показало, что атлантические страны во главе с США в последние годы следовали консервативной политике невмешательства, и вследствие этого прогнозируемые темпы роста рынка электромобилей здесь оказались минимальными. Ситуация кардинально изменится, если администрация Дж. Байдена реализует планы поддержки «зелёной экономики». Сейчас абсолютным лидером по развитию рынка электромобилей остаётся Китай, где за период 2020–2024 гг. их рыночная доля вырастет почти в семь раз. В целом, из-за постепенного насыщения развитых национальных рынков электромобилей (переход в фазу замедленного роста логистической кривой), развитие глобального рынка электромобилей в долгосрочной перспективе ускорится за счёт новых рынков в странах Азии, Африки и Латинской Америки.

26 Глобальная тенденция энергетического перехода приведёт в ближайшие годы к резкому росту численности электромобилей в России, где данный рынок находится в стадии становления. Ввиду значительных социально-экономических различий между субъектами федерации процесс развития региональных рынков электромобилей будет неравномерным. Это обстоятельство учитывает предложенный метод прогнозирования, который может быть применён при разработке региональных программ развития транспортной отрасли.

---

#### Примечания:

1. International Energy Agency. Global EV Outlook. 2020. [Электронный ресурс]: URL: >>>> (дата обращения: 20.01.2021).

2. International Energy Agency. Global EV Outlook. 2016. [Электронный ресурс]: URL: >>>> (дата обращения: 20.01.2021).

3. Evadoption. US EV Sales Forecast. 2019–2028. [Электронный ресурс]: URL: >>>> (дата обращения 20.01.2021).
  4. Коммерсант. 8 февраля 2021 г. [Электронный ресурс]: URL: >>>> (дата обращения 09.02.2021).
- 

### **Библиография:**

1. Каталевский Д. Ю., Гареев Т. Р. Имитационное моделирование для прогнозирования развития автомобильного электротранспорта // Балтийский регион. 2020. № 2. С. 118–139. <https://doi.org/10.5922/2079-8555-2020-2-8>.
2. Корнейчук Б. В. Прогнозирование развития солнечной энергетики в регионе // Региональные исследования. 2020. № 3. С. 16–25. <https://doi.org/10.5922/1994-5280-2020-3-2>.
3. Abhyankar N., Gopal A., Sheppard C., Park W., Phadke A. All electric passenger vehicle sales in India by 2030: Value proposition to electric utilities, government and vehicle owners. 2017. [Электронный ресурс]: URL: <https://www.osti.gov/servlets/pure/134441> (дата обращения: 20.01.2021).
4. Al-Alawi B., Bradley T. Review of hybrid, plug-in hybrid, and electric vehicle market modeling studies // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2013. Vol. 21. P. 190–203. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.12.048>.
5. Balducci P. Plug-in Hybrid electric vehicle market penetration scenarios. US Department of Energy, 2008 [Электронный ресурс]: URL: [https://www.pnnl.gov/main/publications/external/technical\\_reports/pnnl-17441.pdf](https://www.pnnl.gov/main/publications/external/technical_reports/pnnl-17441.pdf) (дата обращения: 20.01.2021).
6. Barkenbus J. Prospects for electric vehicles // Sustainability. 2020. Vol. 12. No. 14. <https://doi.org/10.3390/su12145813>.
7. Becker T., Sidhu I., Tenderich B. Electric vehicles in the United States. A new model forecast to 2030. Center for Entrepreneurship and Technology, 2009. [Электронный ресурс]: URL: <https://www.globaltrends.thedialogue.org/publications/electric-vehicles-in-the-United-States-a-new-model-forecast-to-2030> (дата обращения: 20.01.2021).
8. Block D., Harrison J. Electric vehicle sales and future projections. Electric Vehicle Transportation Centre, 2014. [Электронный ресурс]: URL: <https://www.evtc.fsec.ncf.edu/reports/EVTC-RR-01-14.pdf> (дата обращения: 20.01.2021).
9. Daiana N., Sivakumar A., Polak J. Modelling electric vehicle use: A survey on the methods // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2015. Vol. 68. No. 1. P. 447–460. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.10.005>.
10. Davidsson S., Grandell L., Wachtmeister H., Hook M. Growth curves and sustained commissioning modeling of renewable energy: Investigating resource constraints for wind energy // Energy Policy. 2014. Vol. 73. P. 767–776. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.05.003>.

11. Dubin J., Barney R., Csontos A., Um J., Wu N. Realizing the potential of the Los Angeles electric vehicle market // Luskin Center for Innovation, 2011. [Электронный ресурс]: URL: [https://innovation.luskin.uda.edu/sites/LA\\_EV\\_Final\\_Report](https://innovation.luskin.uda.edu/sites/LA_EV_Final_Report) (дата обращения: 20.01.2021).
12. Eggers F., Eggers F. Where have all the flowers gone? Forecasting green trends in the automobile industry with choice-based conjoint adoption model // Technological Forecasting and Social Change. 2011. Vol. 78. No. 1. P. 51–62.  
<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2010.06.014>.
13. Ensslen A., Will C., Jochem P. Simulating electric vehicle diffusion and charging activities in France and Germany // World Electric Vehicle Journal. 2019. Vol. 10. No. 4.  
<https://doi.org/10.3390/wevj.10040073>.
14. Gnann T., Plotz P., Kuhn A., Wietschel M. Modelling market diffusion of electric vehicles with real world driving data — German market and policy options // Transportation Research Part A. 2015. Vol. 77. P. 95–112.  
<https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.04.001>.
15. Gnann T., Stephens T., Lin Z., Plotz P., Lin C., Brocate J. What drives market for plug-in electric vehicles? – A review of international PEV market diffusion models // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2018. Vol. 93. P. 158–164.  
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.03.55>.
16. Hansen J., Narbel P., Aksnes D. Limits to growth in the renewable energy sector // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2017. Vol. 70. P. 769–774.  
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.257>.
17. Harris T., Devkota J., Khanna V., Eranki P., Landis A. A logistic growth curve modeling of US energy production and consumption // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2018. Vol. 96. P. 46–57. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.07/049>.
18. Higgins A., Paevere P., Gardner J., Quezada G. Combining choice modelling and multi-criteria analysis for technology diffusion: An application to the uptake of electric vehicles // Technological Forecasting and Social Change. 2012. Vol. 79. No. 3. P. 1399–1412. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2012.04.008>.
19. Jensen A., Cherchi E., Mabit S., Ortuzar J. Predicting the potential market for electric vehicles // Transportation Science. 2017. Vol. 51. P. 427–440.  
<https://doi.org/10.1287/trsc.2015.0659>.
20. Jochem P., Vilchez G., Ensslen A., Schauble J., Fichtner W. Methods for forecasting the market penetration of electric drivetrains in the passenger car market // Transport Reviews. 2018. Vol. 38. No. 3. P. 322–348.  
<https://doi.org/10.1080/01441647.2017.1326538>.
21. Kam M., Meelen A., Sark W., Alkemade F. Diffusion of solar photovoltaic systems and electric vehicles among Dutch consumers: Implications for energy transition //

Energy Research & Social Science. 2018. Vol. 46. P. 68–85.

<https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.06.003>.

22. Kihm A., Trommer S. The new car market for electric vehicles and the potential for fuel substitution // Energy Policy. 2014. Vol. 73. P. 47–57.

<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.05.021>.

23. Kwasnicki W. Logistic growth of the global economy and competitiveness of nations // Technological Forecasting & Social Change. 2013. Vol. 80. No. 1. P. 50–76.

<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2012.07.007>.

24. Lebreau K., Mierlo J., Lebreau P., Mairesse O., Macharis C. The market potential for plug-in hybrid and battery electric vehicles in Flanders: A choice-based conjoint analysis // Transportation Research. Part D. Transportation and Environment. 2012. Vol. 17. No. 8. P. 592–597.

<https://doi.org/10.1016/j.trd.2012.07.004>.

25. Li S., Chen H., Zhang G. Comparison of the short-term forecasting accuracy on Battery Electric Vehicle between modified Bass and Lottka–Volterra model: A case study of China // Journal of Advanced Transportation, 2017.

<https://doi.org/10.1155/2017/7801837>.

26. Madsen D., Hansen J. Outlook of solar energy in Europe based on economic growth characteristics // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2019. Vol. 114.

<https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109306>.

27. Mohamed Z., Bodger P. A variable asymptote logistic (VAL) model to forecast electricity consumption // International Journal of Computer Applications in Technology. 2005. Vol. 22. No. 2. P. 65–72.

<https://doi.org/10.1504/IJCAT.2005.006937>.

28. Morganti E., Bontueil V., Laurent F. BEVs and PHEVs in France: Market trends and key drivers of their short-term development. Research Report. Corri–Door Consortium. 2015. [Электронный ресурс]: URL: <https://hal-enpc.archives-ouvertes.fr/hal-01294644>

(дата обращения 20.01.2021).

29. Orbach Y., Fruchter G. Forecasting sales and product evolution: The case of the hybrid/electric car // Technological Forecasting and Social Change. 2011. Vol. 78. No. 7. P. 1210–1226.

<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2011.03018>.

30. Redondo A., Cagigas A. Sales Forecast of electric vehicles // Journal of Engineering and Architecture. 2015. Vol. 3. No. 1. P. 79–88.

<https://doi.org/10.15640/jea.v3n1a8>.

31. Rietmann N., Hugler B., Lieven T. Forecasting the trajectory of electric vehicle sales and the consequences for worldwide CO<sub>2</sub> // Journal of cleaner production. 2020. Vol. 262.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121038>.

32. Rypdal K. Empirical growth models for the renewable energy sector // Advances in Geosciences. 2018. No. 45. P. 35–44.

<https://doi.org/10.5194/adgeo-45-35-18>.



33. Tsai S., Xue Y., Zhang J., Chen Q., Liu Y., Zhou J., Dong W. Models for forecasting growth trends in renewable energy // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2017. Vol. 77. P. 1169–1178. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.06.001>.
34. Zhang Y., Zhong M., Geng N., Jiang Y. Forecasting electric vehicles sales with univariate and multiplicative time series models: The case of China // PLoS ONE. 2017. Vol. 12. No. 5. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0176729>.
35. Zhuge C., Wei B., Dong C. et al. Exploring the future electric vehicle market and its impacts with an agent-based spatial integrated framework: A case study of Beijing, China // Journal of Cleaner Production. 2019. Vol. 221. P. 710–737. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.262>.

# Forecasting the national electric vehicle markets development

**Boris Korneychuk**

*Professor, National Research University Higher School of Economics  
Russian Federation, Sankt Petersburg*

## Abstract

The problem of forecasting the development of national electric vehicle markets in the context of the global trend of energy transition is considered. The urgency of the problem is due to the fact that the development of the electric vehicle market plays an important role in the process of replacing traditional energy sources with renewable sources. At the same time, forecasts for the development of national electric vehicle markets are often characterized by significant errors, which necessitates the development of reliable forecasting methods that take into account regional characteristics. To solve this problem, a multi-trend approach to building a mixed trend for the volume of electric vehicles and their share in the car market is proposed, which is based on modeling the development trend of the national market in the form of a linear combination of logistic, linear and exponential trends with weight coefficients depending on the degree of deviation trends from actual data. Based on the proposed modification of this method, forecasts of the development of the electric vehicle market for ten countries for the period 2018–2019 were made, which showed high reliability. A forecast for the period 2020–2024 has also been developed. It is shown that the reason for forecast errors is often the desire to use the logistic curve as a universal analysis tool without taking into account the peculiarities of the dynamics of the development of national electric vehicle markets.

**Keywords:** national markets, electric car, renewable energy, logistic growth model, forecasting the development of the region, multi-trend approach

**Publication date:** 28.06.2021

## Citation link:

Korneychuk B. Forecasting the national electric vehicle markets development // Pskov Journal of Regional Studies – 2021. – Issue 2 (46) C. 31-45 [Electronic resource]. URL: <https://prj.pskgu.ru/S221979310013726-1-1> (circulation date: 05.07.2024). DOI: 10.37490/S221979310013726-1