

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

имени М.В.ЛОМОНОСОВА

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

На правах рукописи

Барбошкина Анастасия Валерьевна

**Экономические инструменты развития электрического
автомобильного транспорта в России**

Специальность 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика
(экономика природопользования и землеустройства)

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата экономических наук

Научный руководитель:
доктор экономических наук, профессор
Кудрявцева Ольга Владимировна

Москва – 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1. Теоретико-методологические основы исследования экстерналичных эффектов автомобильного транспорта.....	13
1.1. Роль и место транспорта в контексте перехода к устойчивому и низкоуглеродному развитию.....	13
1.2. Экстерналичные эффекты автомобильного транспорта.....	22
1.3. Подходы к экономической оценке экстерналичных издержек, связанных с выбросами парниковых газов и загрязняющих воздух веществ.....	48
ГЛАВА 2. Особенности развития электрического автомобильного транспорта в мире и России.....	58
2.1. Состояние и перспективы развития электрического автомобильного транспорта в зарубежных странах и России.....	58
2.2. Барьеры развития электрического автомобильного транспорта.....	77
2.3. Инструменты поддержки электрического автомобильного транспорта в мире и России.....	80
ГЛАВА 3. Развитие системы экономических инструментов поддержки электромобилей в России с учетом их конкурентоспособности и экстерналичных издержек.....	103
3.1. Экономическая оценка экстерналичных издержек, связанных с выбросами загрязняющих воздух веществ и парниковых газов от электромобилей и автомобилей с двигателем внутреннего сгорания в России.....	103
3.2. Оценка конкурентоспособности российских электромобилей и автомобилей с двигателем внутреннего сгорания.....	113
3.3. Рекомендации по совершенствованию системы инструментов развития рынка электромобилей в России.....	125
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	131
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	134
Приложение 1. Виды электромобилей и их ключевые характеристики.....	153
Приложение 2. Экстерналичные издержки, связанные с выбросами загрязняющих воздух веществ от автотранспорта (оригинальные и переведенные в доллары в ценах 2016 г. значения).....	154
Приложение 3. Технические характеристики Evolute i-Pro и Lada Vesta Sport.....	155
Приложение 4. Показатели базовой модели ТСО электрического и бензинового автомобилей «Москвич 3е» и «Москвич 3».....	156

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Актуальность темы электрификации автомобильного транспорта обусловлена негативными экологическими последствиями использования автомобилей с двигателем внутреннего сгорания (ДВС), ограниченностью нефтяных ресурсов и возрастающей себестоимостью их добычи, важностью развития инновационных технологий.

Спрос на энергетические ресурсы со стороны транспортного сектора растет быстрее, чем в других секторах экономики, при этом на транспорте преимущественно используются ископаемые виды топлива, а доля возобновляемых источников энергии остается самой низкой среди всех секторов конечного потребления. На транспортный сектор, где основным потребителем являются автомобили¹, приходится почти треть от суммарного конечного потребления энергии². Ключевым видом топлива для транспорта являются нефтепродукты (бензин, дизель и т. п.). Переход на альтернативные виды энергии может обеспечить сокращение глобального спроса на нефть на 300–925 млн т н. э. к 2040 г.³

В ежегодном докладе о глобальных рисках, опубликованном Всемирным экономическим форумом в 2022 г., неспособность правительств и бизнеса принять эффективные меры по адаптации к изменению климата и смягчению его последствий расценивается как один из самых серьезных рисков по силе воздействия на мировую экономику⁴. На транспортный сектор приходится более 1/5 выбросов парниковых газов, основным из которых является углекислый газ (CO₂). Это примерно на 80% больше, чем в 1990 г.⁵ Большая часть выбросов осуществляется автомобильным транспортом – 74,5%, при этом почти половина приходится на пассажирские перевозки⁶.

Транспорт является одним из главных источников загрязнения городского воздуха. Согласно данным Европейского агентства по охране окружающей среды, на дорожный транспорт приходится почти 1/3 суммарных выбросов оксидов азота (NO_x), 18% монооксида углерода (CO), 7,6% неметановых летучих органических соединений (NMVOC), 7,7% взвешенных твердых частиц диаметром менее 10 мкм (PM₁₀) и 10% частиц диаметром менее

¹ Energy consumption in transport in IEA countries // IEA. [Электронный ресурс] URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/energy-consumption-in-transport-in-iea-countries-2018> (дата обращения: 10.11.2021)

² Decarbonising the Transport Sector with Renewables Requires Urgent Action // REN21. [Электронный ресурс] URL: <https://www.ren21.net/decarbonise-transport-sector-2020/> (дата обращения: 10.11.2021)

³ Прогноз развития энергетики мира и России 2019 / под ред. А.А. Макарова, Т.А. Митровой, В.А. Кулагина; ИНЭИ РАН–Московская школа управления СКОЛКОВО – Москва, 2019. – С. 77.

⁴ The Global Risks Report 2022. – World Economic Forum, 2022. – 117 p.

⁵ Рассчитано автором по: Climate Watch. [Электронный ресурс] URL: <https://www.climatewatchdata.org/> (дата обращения: 15.02.2022)

⁶ Cars, planes, trains: where do CO₂ emissions from transport come from? // Our World in Data. [Электронный ресурс] URL: <https://ourworldindata.org/co2-emissions-from-transport> (дата обращения: 20.02.2022)

2,5 мкм (PM2.5)⁷. По последним оценкам Всемирной организации здравоохранения, загрязнение атмосферного воздуха ежегодно приводит к 4,2 млн случаев преждевременной смерти в мире^{8, 9}.

Одним из основных направлений решения экологических и энергетических проблем является переход к устойчивому развитию, включающему в себя развитие низкоуглеродной модели экономики. Электрификация транспортных средств и увеличение доли низкоуглеродных и безуглеродных источников энергии связаны с достижением таких Целей в области устойчивого развития (ЦУР), как: ЦУР 7 («Недорогостоящая и чистая энергия»), ЦУР 9 («Индустриализация, инновации и инфраструктура»), ЦУР 11 («Устойчивые города и населенные пункты»), ЦУР 13 («Борьба с изменением климата»)¹⁰. Многие страны активно стимулируют электрификацию транспортного сектора. В 2022 г. глобальный парк электрических автотранспортных средств достиг отметки почти в 28 млн шт., крупнейший сегмент составляют легковые электромобили – 25,9 млн шт. Лидером на рынке электротранспорта является Китай, на его долю приходится более половины зарегистрированных в мире электрических автотранспортных средств¹¹.

В России рынок электротранспорта находится на начальном этапе развития (к началу 2023 г. в стране было зарегистрировано 20,7 тыс. электромобилей¹²), но обладает хорошими перспективами. Согласно «Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года» и «Концепции по развитию производства и использования электрического автомобильного транспорта в Российской Федерации на период до 2030 года» (далее – «Концепция»), доля электротранспортных средств в общем объеме продаж может составить 15% в 2030 г., при этом существенная часть будет приходиться на легковые и легкие коммерческие электромобили¹³. «Концепция», принятая в августе 2021 г. Правительством РФ,

⁷ Emissions of air pollutants from transport // European Environment Agency. [Электронный ресурс] URL: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/transport-emissions-of-air-pollutants-8/transport-emissions-of-air-pollutants-8> (дата обращения: 23.12.2021)

⁸ Загрязнение атмосферного воздуха (воздуха вне помещений) // Всемирная Организация Здравоохранения. URL: [https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) (дата обращения: 17.02.2023)

⁹ Барабошкина А.В., Кудрявцева О.В. Экстернальные издержки от автомобильного транспорта в контексте перехода к низкоуглеродной экономике: российский опыт // Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика. – 2023. – Т. 58. – № 3. – С. 140.

¹⁰ Там же.

¹¹ Рассчитано автором по: Global EV Data Explorer // IEA. [Электронный ресурс] URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/global-ev-data-explorer> (дата обращения: 29.04.2023)

¹² Лобода В. Число зарегистрированных электромобилей в России превысило 20 тысяч // Автостат. [Электронный ресурс] URL: <https://www.autostat.ru/news/54027/> (дата обращения: 10.03.2023)

¹³ Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года. Распоряжение Правительства РФ от 27.11.2021 № 3363-р. [Электронный ресурс] URL: <http://static.government.ru/media/files/7enYF2uL5kFZlOOpQhLl0nUT91RjCbeR.pdf> (дата обращения: 10.01.2022); Концепция по развитию производства и использования электрического автомобильного транспорта в Российской Федерации на период до 2030 года. Распоряжение Правительства РФ от 23.08.2021 № 2290-р. [Электронный ресурс] URL: <http://static.government.ru/media/files/bW9wGZ2rDs3BkeZHf7ZsaxnIbJzQbJJt.pdf> (дата обращения:

является ключевым документом в области электрификации транспорта. Она очерчивает основные направления и перспективы развития электрического автомобильного транспорта, однако вопрос об экономических инструментах его развития остается открытым.

Степень разработанности темы исследования

Научные аспекты разработки экономических инструментов развития электрического автомобильного транспорта были сформированы на основе комплексного анализа и синтеза работ российских и зарубежных авторов.

Теоретическим и методологическим вопросам, связанным с устойчивым и низкоуглеродным развитием, экстернальными (внешними) эффектами, в том числе автомобильного транспорта, посвящены работы И.А. Башмакова, С.Н. Бобылева, Т.В. Гусевой, А.Ю. Колпакова, О.В. Кудрявцевой, А.А. Курдина, И.А. Макарова, О.Е. Медведевой, Т.А. Митровой, Ю.А. Плакиткина, Б.Н. Порфирьева, И.М. Потравного, Б.А. Ревича, В.Н. Сидоренко, Ю.В. Синяка, Д.О. Скобелева, С.В. Соловьевой, А.С. Тулупова, И.Ю. Ховавко, Н.Н. Яшаловой и др. Среди зарубежных авторов выделяются следующие: Г. Бьекер (G. Bieker), М. Делуччи (M. Delucchi), П. Йохем (P. Jochem), П. Ли (P. Li), Т. Литман (T. Litman), Э. Пипитоне (E. Pipitone), Т. Сандквист (T. Sundqvist), С. Ся (X. Xia), Б. Тан (B. Tang), С. Хэ (X. He), Я. Чжэн (Y. Zheng), А. Шротен (A. Schrotten), Х. ван Эссен (H. van Essen), Б. Юй (B. Yu), Л. Ян (L. Yang) и др. В то же время практически отсутствуют исследования, в которых рассчитываются объемы выбросов от электромобилей и автомобилей с ДВС и обусловленные ими экстернальные издержки с учетом российской специфики.

Аналізу инструментов развития автомобильного транспорта посвящены работы таких зарубежных исследователей, как А. Бандивадекар (A. Bandivadekar), Н. Ван (N. Wang), С. Ваппелхорст (S. Wappelhorst), Б. Каулфилд (B. Caulfield), Ш. Ли (Sh. Li.), Н. Лутсей (N. Lutsey), Д. Холл (D. Hall), Х. Цуэй (H. Cui), И. Чу (Y. Chu), Цз. Ян (Z. Yang) и др. Отдельные вопросы, связанные с рынком автотранспорта, затрагиваются в работах отечественных ученых А.Ю. Колпакова, Д.В. Санатова, В.В. Семикашева, П.Н. Нетребы, Ю.В. Трофименко, И.Ю. Ховавко, Е.Ю. Яковлевой и др. Однако комплекс лучших мировых практик применения инструментов стимулирования развития рынка электромобилей изучен недостаточно.

Оценка конкурентоспособности электромобилей в сравнении с другими типами автомобилей представлена в работах Е.С. Колбиковой, М.В. Сеницына, Ю.В. Синяка и др. В зарубежных странах количество исследований данного направления существенно выше, выделяются работы следующих авторов: Х. Бритц (H. Breetz), Э. Гилмор (E. Gilmore), Р.

Даниелис (R. Danielis), К. де Клерк (Q. De Clerck), П. Кумар (P. Kumar), Ф. Лебо (Ph. Lebeau), П. Летмате (P. Letmathe), Л. Митропоулос (L. Mitropoulos), К. Палмер (K. Palmer), Н. Паркер (N. Parker), А. Патвардхан (A. Patwardhan), С. Рембалски (S. Rembalski), Д. Салон (D. Salon), Г. Сантос (G. Santos), М. Суарес (M. Soares), М. Хасан (M. Hasan), С. Чакрабартти (S. Chakrabarty) и др. Важно отметить, что подходы к оценке конкурентоспособности автомобилей неоднородны и требуют дальнейшего изучения. В работах отечественных авторов или вовсе отсутствует социально-экологический компонент, или не учитывается локальная специфика, включая меры поддержки.

Анализ степени разработанности темы диссертационной работы показал, что ряд аспектов развития электрического автомобильного транспорта в России недостаточно исследован. Это обусловлено тем, что хотя российский парк электромобилей увеличивается, пока он крайне мал (0,05% от общего количества легковых машин¹⁴).

Цель и задачи исследования

Цель исследования состоит в разработке экономических инструментов развития электрического автомобильного транспорта в России с учетом экстерналий.

Для достижения указанной цели были поставлены следующие **задачи**:

1. Определить и охарактеризовать экологические экстернальные эффекты электромобилей в сопоставлении с автомобилями с ДВС в контексте устойчивого и низкоуглеродного развития транспортной системы.

2. Выделить основные подходы к оценке экстернальных издержек, связанных с выбросами загрязняющих воздух веществ и парниковых газов, и оценить их на отдельных стадиях жизненного цикла электромобилей и автомобилей с ДВС с учетом российской специфики, а также рассчитать выгоды от перехода части российского автопарка на электротягу.

3. Предложить методический подход к оценке конкурентоспособности российского электромобиля в сопоставлении с автомобилем с ДВС и провести сравнительную оценку их конкурентоспособности.

4. Выделить ключевые барьеры, препятствующие развитию рынка электромобилей в России, систематизировать зарубежный опыт по стимулированию развития электрического автотранспорта и сформулировать рекомендации относительно инструментов развития российского рынка электромобилей.

Объектом исследования является электрический автомобильный транспорт (электромобили) в России и за рубежом.

¹⁴ Лобода В. Число зарегистрированных электромобилей в России превысило 20 тысяч // Автостат. [Электронный ресурс] URL: <https://www.autostat.ru/news/54027/> (дата обращения: 06.03.2023)

Предметом исследования является система экономических инструментов развития электрического автомобильного транспорта в России.

Теоретическая, методологическая и информационная база исследования

Теоретическую основу диссертационного исследования составляют труды отечественных и зарубежных ученых в области устойчивого и низкоуглеродного развития экономики и экономики автомобильного транспорта.

Методологической основой диссертационного исследования являются такие общенаучные методы, как сравнительный анализ, метод анализа и синтеза, метод группировки и классификации, статистический анализ, графический метод представления информации. В работе применялся метод анализа конкретных ситуаций (*case study*) для исследования зарубежного опыта стимулирования развития электрического автотранспорта. Оценка конкурентоспособности электромобиля в сопоставлении с традиционным автомобилем проводилась с помощью расчета их совокупной стоимости владения (*Total Cost of Ownership, TCO*) и анализа чувствительности (*sensitivity analysis*) стоимости владения.

Информационная база исследования включает нормативные документы; фундаментальные и прикладные исследования, аналитические материалы, отчеты Института народнохозяйственного прогнозирования Российской академии наук (ИНП РАН), Центра энергоэффективности – XXI век (ЦЭНЭФ-XXI), Сколково, Института энергетических исследований Российской академии наук (ИНЭИ РАН), Московского автомобильно-дорожного института (МАДИ), Аналитического центра при Правительстве Российской Федерации, VYGON Consulting, Международного совета по чистому транспорту (ICCT), Организации экономического сотрудничества и развития (OECD), Международного энергетического агентства (IEA), CE Delft, Всемирного Банка (World Bank), Европейской комиссии, Ecologic Institute; материалы отечественной и зарубежной периодики. Также информационную базу исследования составили статистические базы данных Федеральной службы государственной статистики (Росстат), аналитического агентства «Автостат», Международного энергетического агентства, Всемирного Банка, Организации экономического сотрудничества и развития, Европейской комиссии, Аргоннской национальной лаборатории США (ANL).

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

1. Определено и раскрыто пять видов экологических экстерналий эффектов электромобилей в сопоставлении с автомобилями с двигателем внутреннего сгорания (ДВС) в контексте устойчивого и низкоуглеродного развития транспортной системы.

2. Предложены подходы к оценке экстерналий издержек, связанных с выбросами загрязняющих воздух веществ и парниковых газов от электромобилей в сопоставлении с

автомобилями с ДВС, и проведена их сравнительная экономическая оценка на отдельных стадиях жизненного цикла транспортных средств для четырех сценариев. Рассчитаны общественные выгоды от перехода части российского парка легковых автомобилей на электротягу.

3. Предложен и реализован методический подход к оценке конкурентоспособности российских электромобиля и автомобиля с ДВС, заключающийся в сравнительной оценке их совокупной стоимости владения с учетом экстерналийных издержек и анализе чувствительности стоимости владения.

4. Предложен комплекс инструментов развития рынка электромобилей в России с учетом передового зарубежного опыта и ключевых барьеров, препятствующих развитию электромобилей в России.

Положения, выносимые на защиту

1. Экологические экстерналийные эффекты, играющие важную роль при сопоставлении воздействия электромобилей и автомобилей с ДВС на человека и окружающую среду, включают: загрязнение атмосферного воздуха; выбросы парниковых газов; шумовое загрязнение; истощение ресурсов; образование отходов. Электрификация автомобильного транспорта, являясь неотъемлемой частью процесса перехода к устойчивой и низкоуглеродной транспортной системе, имеет как положительные, так и отрицательные стороны:

- прямые выбросы загрязняющих воздух веществ при эксплуатации электромобилей стремятся к нулю (за исключением выбросов твердых частиц невыхлопного происхождения¹⁵);
- прямые выбросы парниковых газов при эксплуатации электромобилей отсутствуют;
- объем косвенных выбросов при эксплуатации электромобилей (возникают при генерации электроэнергии на электростанциях, которая используется для зарядки электромобилей) сильно зависит от структуры выработки электроэнергии;
- производство электромобилей характеризуется бóльшим объемом выбросов, что связано с энергоемким производством аккумуляторных батарей;
- переработка батарей позволяет снизить выбросы на жизненном цикле электромобилей, что обусловлено использованием вторичного сырья вместо первичного;
- распространение электромобилей может снизить уровень шума, но только там, где скорость машин сравнительно невысокая;

¹⁵ Выбросы твердых частиц невыхлопного происхождения образуются из-за износа шин, тормозов, стирания дорожного полотна и ресуспензии (вторичного подъема) дорожной пыли.

- воздействие электромобилей на истощение металлических ресурсов выше, чем у автомобилей с ДВС; воздействие на истощение топливно-энергетических ресурсов, напротив, ниже и сильно зависит от структуры производства электроэнергии;
- у электромобилей меньше деталей, подлежащих утилизации, и отсутствует риск утечки нефтепродуктов; в то же время остро стоит проблема утилизации аккумуляторных батарей.

2. Для оценки экстерналийных издержек, связанных с загрязнением атмосферного воздуха при эксплуатации электромобилей и автомобилей с ДВС, предпочтительнее использовать подход, основанный на экономической оценке ущерба (*damage cost approach*). Для оценки экстерналийных издержек, связанных с выбросами парниковых газов при эксплуатации и на всем жизненном цикле транспортных средств, предпочтительнее использовать подход, основанный на экономической оценке затрат на предотвращение/смягчение негативных последствий изменения климата (*avoidance/abatment/mitigation cost approach*).

Экстерналийные издержки, обусловленные загрязнением городского воздуха, во всех рассмотренных сценариях ниже у электромобилей. Наименьшая разница между экстерналийными издержками электромобилей и автомобилей с ДВС составляет 5,5 и 7,9 раза в зависимости от размера города (доля угля в структуре генерации электроэнергии ~ 100%); наибольшая разница – 16,2 и 23,1 раза соответственно (доля гидроэнергии в структуре генерации электроэнергии ~ 100%).

Экстерналийные издержки, обусловленные выбросами парниковых газов, тоже ниже у электромобилей, за исключением ситуации, когда доля угля в структуре производства электроэнергии приближается к 100%. В «угольном» сценарии экстерналийные издержки электромобилей выше, чем у автомобилей с ДВС в 1,5 раза (стадия эксплуатации) и 1,6 раза (жизненный цикл¹⁶). Полное отсутствие выбросов парниковых газов от электромобилей реализуется при 100%-ой доли гидроэнергии. Однако в этом случае важно обратить внимание на то, является ли регион энергодефицитным, что, несмотря на все преимущества местной структуры выработки электроэнергии, будет препятствовать распространению электромобилей.

Общественные выгоды от перехода части российского парка легковых автомобилей на электротягу (1,3% к 2030 г.) составляют 4,21–5,91 млрд руб./год.

3. Метод оценки совокупной стоимости владения (*Total Cost of Ownership, TCO*) позволяет учесть затраты с момента приобретения автомобиля и до его перепродажи или полного выхода из строя и таким образом оценить его конкурентоспособность. Если в модель TCO добавить экстерналийные издержки, то она приобретает социально ориентированный

¹⁶ Без стадии утилизации.

характер и трансформируется в совокупную стоимость для общества (*Total Cost for Society, TCS*). Мы предлагаем использовать не только TCO, но и TCS для оценки конкурентоспособности электромобилей на российском рынке.

Расчет TCO российских электромобиля Evolute i-Pro и близкого к нему по техническим характеристикам бензинового автомобиля Lada Vesta Sport показал, что разница в их совокупной стоимости пятилетнего владения при московских ценах на электроэнергию и бензин и без учета мер поддержки существенная: TCO Evolute i-Pro выше, чем у Lada Vesta Sport на 815,1 тыс. руб. Разница в TCS двух транспортных средств меньше и составляет 765,9–779,4 тыс. руб. в пользу Lada Vesta Sport. Анализ чувствительности стоимости владения показал, что электромобиль конкурентоспособен в трех ситуациях: при средней величине пробега такси за год; при предоставлении государственной субсидии и реализации действующих в Москве мер поддержки; при использовании услуги трейд-ин.

4. Систематизация передового зарубежного опыта и результаты проведенных расчетов позволили предложить комплекс инструментов развития электрического автомобильного транспорта в России с учетом трех ключевых барьеров (низкая конкурентоспособность электромобилей из-за высоких первоначальных затрат и крайне низкая доля электромобилей в российском автопарке; невысокий уровень развития зарядной инфраструктуры; недостаточные масштабы производства отечественных электромобилей):

– для *стимулирования спроса* предлагается субсидирование по системе «бонус/малус», что предполагает параллельно с предоставлением субсидии в виде «экологического бонуса» применять «экологический малус». Рассчитанный нами суммарный объем субсидий («экологических бонусов») до 2030 г. составляет 31,5–43,4 млрд руб. Применение «экологического малуса» возможно через введение оплачиваемого при регистрации автомобиля налога на выбросы CO₂, размер которого будет зависеть от уровня выбросов, и через расчет транспортного налога с учетом не только мощности двигателя, но и экологического класса автомобиля. Также предлагается предоставление владельцам электромобилей доступа к выделенным полосам, перевод части такси на электротягу, применение механизма ускоренной амортизации для корпоративных электромобилей и выдача компаниям кредитов с низкой процентной ставкой на приобретение электрокаров;

– для *развития зарядной инфраструктуры* рекомендуется привлечение инвестиций со стороны автопроизводителей, энергосбытовых компаний и других заинтересованных инвесторов. Основное внимание необходимо уделять расширению сети преимущественно быстрых и ультрабыстрых электростанций (ЭС) вдоль автомагистралей и в местах повышенного спроса, установке зарядных устройств вблизи многоквартирных жилых домов, а

также субсидированию покупки и установки высокоэффективных зарядных устройств для дома и работы;

– для *стимулирования производства* может быть рекомендована реализация программы по аналогии с китайской политикой «двойного кредита», предполагающей введение целевых показателей по выпуску электромобилей и автомобилей с ДВС с низким расходом топлива.

Теоретическая значимость проведенного исследования состоит в расширении и углублении знаний об экстерналиях электрического автомобильного транспорта, современном состоянии рынка электромобилей и экономических мерах их поддержки. Предложенный методический подход к оценке конкурентоспособности электромобилей и автомобилей с двигателем внутреннего сгорания может быть использован в дальнейших исследованиях конкурентоспособности автомобилей с разными типами двигателей.

Практическая значимость диссертации заключается в возможности использования ее отдельных положений при подготовке лекций и семинаров и их включения в учебные пособия по экономике устойчивого развития и природопользования. Полученные результаты, в частности результаты оценки совокупной стоимости владения транспортными средствами с учетом экстерналийных издержек, предложенные инструменты поддержки могут послужить базой для принятия управленческих решений в области развития электрического автомобильного транспорта в городах России.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Диссертационная работа соответствует следующим пунктам паспорта специальности 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика (экономика природопользования и землеустройства):

9.4. Анализ влияния антропогенных факторов на окружающую среду;

9.7. Разработка и совершенствование методов и методик экономической оценки и компенсации ущерба окружающей среде;

9.11. Экологическая политика. Стимулирование экологизации экономики и повышения эффективности природопользования методами экономической политики;

9.19. Проблема борьбы с климатическими изменениями. Вопросы развития «зеленой» и низкоуглеродной экономики.

Апробация и реализация результатов исследования

Отдельные положения и научные результаты исследования были апробированы на Международной научной конференции «Хачатуровские чтения – 2019: Устойчивое развитие и новые модели экономики» (г. Москва, 2019 г.), VIII Международной научно-практической конференции «Устойчивое развитие: общество и экономика» памяти профессора В.Т. Рязанова в рамках V Международного экономического симпозиума – 2021 (г. Санкт-Петербург, 2021 г.),

X Международной научно-практической конференции «Абалкинские чтения» (г. Москва, 2021 г.), XVI Международной научно-практической конференции Российского общества экологической экономики «Ресурсная экономика, изменение климата и рациональное природопользование» (г. Красноярск, 2021 г.), Международной ежегодной научной конференции «Ломоносовские чтения – 2021». Секция экономических наук: «Поколения экономических идей» (г. Москва, 2021 г.), XXIth International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying, Geology and Mining, Ecology and Management – SGEM 2021 (г. Албена, 2021 г.), Международной научной конференции «Хачатуровские чтения – 2022: Устойчивое развитие и национальные цели» (г. Москва, 2022 г.), Международной ежегодной научной конференции «Ломоносовские чтения – 2023». Секция экономических наук: «Новая экономическая реальность: структурные и региональные аспекты» (г. Москва, 2023 г.), а также в рамках круглых столов «Пути «озеленения» производственной сферы и финансового сектора: зарубежный опыт и российская практика» (г. Москва, 2021 г.), «Углеродный налог в ЕС и в России: драйвер развития или инструмент сдерживания?» (г. Москва, 2022 г.).

Отдельные положения диссертационной работы были использованы в учебном процессе на кафедре экономики природопользования Экономического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

По теме диссертации опубликовано 9 научных работ (общий объем – 10,53 п.л., личный вклад автора – 6,81 п.л.). Из них 5 статей опубликованы в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в базах данных Scopus, RSCI, и в изданиях из дополнительного списка, рекомендованных Ученым советом МГУ имени М.В.Ломоносова для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности (общий объем – 8,08 п.л., личный вклад автора – 5,48 п.л.).

Структура диссертационной работы

Логика и структура диссертации определяются целью и поставленными задачами. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы, а также четырех приложений. Диссертационное исследование изложено на 157 страницах, в нем содержится 19 рисунков и 18 таблиц. Список литературы состоит из 355 наименований.

ГЛАВА 1. Теоретико-методологические основы исследования экстерналичных эффектов автомобильного транспорта

1.1. Роль и место транспорта в контексте перехода к устойчивому и низкоуглеродному развитию

Устойчивую транспортную систему можно определить как систему, которая интегрирует три измерения, или, другими словами, обеспечивает три вида устойчивости:

1) предоставляет недорогие услуги (всеобщая доступность с точки зрения цены, но в пределах ограничений, накладываемых интернализацией экстерналичных издержек), функционирует эффективно, обладает разнообразием видов транспорта, поддерживает динамичное развитие мировой, национальной экономики и способствуют сбалансированному региональному развитию (*экономическая устойчивость*);

2) позволяет удовлетворить базовые потребности индивида и общества в целом, при этом гарантируя надежность и безопасность, в том числе с точки зрения здоровья человека и экосистем, а также обеспечивая внутри- и межпоколенческую справедливость (*социальная устойчивость*);

3) ограничивает объемы выбросов парниковых газов, загрязняющих воздух веществ и объемы образования отходов в пределах способности планеты к их поглощению, сводит к минимуму потребление невозобновляемых ресурсов и ограничивает потребление возобновляемых ресурсов в пределах их способности к самовосстановлению, перерабатывает и повторно использует различные компоненты, минимизирует площадь землепользования и уровень шумового загрязнения (*экологическая устойчивость*)¹⁷.

Ряд исследователей выделяют четвертое измерение, а именно формирование транспортной системы в рамках процесса, основанного на широком участии всех заинтересованных сторон из всех слоев общества¹⁸. Этот компонент устойчивой транспортной системы может быть включен в *социальное измерение*.

Таким образом, устойчивый транспорт минимизирует негативное воздействие на окружающую среду в кратко- и долгосрочной перспективе на локальном, региональном и глобальном уровнях, предполагает организацию доступной, надежной, безопасной и эффективной перевозки пассажиров и грузов, обеспечивает динамичное и сбалансированное

¹⁷ Litman T. Well measured: Developing indicators for sustainable and livable transport planning. – Victoria Transport Policy Institute, 2023. – 116 p.; Bongardt D., Schmid D., Huizenga C., Litman T. Sustainable Transport Evaluation: Developing practical tools for evaluation in the context of the CSD process. – United Nations Department of Economic and Social Affairs, 2011. – 44 p.

¹⁸ Bongardt D., Schmid D., Huizenga C., Litman T. Ibid. P. 6; Sustainable transport, sustainable development. Interagency report for second global sustainable transport conference. – United Nations Department of Economic and Social Affairs, 2021. – 109 p.

развитие национальной, региональной и мировой экономики, учитывая интересы будущих поколений.

В контексте достижения Целей устойчивого развития (ЦУР), сформулированных в «Повестке дня в области устойчивого развития на период до 2030 года» (2015 г.)¹⁹, устойчивый транспорт можно определить как межсекторальный сквозной инструмент, способствующий достижению важнейших целей развития.

Часть ЦУР напрямую связаны с устойчивым транспортом через конкретные задачи и показатели: например, показатели 3.6.1. «Смертность в результате дорожно-транспортных происшествий» (ЦУР №3. «Хорошее здоровье и благополучие»); 9.1.1. «Доля сельского населения, проживающего в пределах 2 км от всесезонной дороги», 9.1.2. «Объем пассажирских и грузовых перевозок в разбивке по видам транспорта» (ЦУР №9. «Индустриализация, инновации и инфраструктура»); 11.2.1. «Доля населения, имеющего удобный доступ к общественному транспорту, в разбивке по полу, возрасту и признаку инвалидности» (ЦУР № 11. «Устойчивые города и населенные пункты»)²⁰.

Множество других ЦУР косвенно связаны с устойчивым транспортом через его активную вспомогательную роль. По некоторым оценкам, устойчивая и надежная инфраструктура, включая транспортную, но не ограничиваясь ею, может оказать влияние на достижение до 92% задач ЦУР²¹. Поэтому устойчивый транспорт, безусловно, занимает одно из центральных мест в «Повестке дня в области устойчивого развития на период до 2030 года».

В то же время достижение ЦУР и решение связанных с ними задач могут, в свою очередь, способствовать созданию устойчивой транспортной системы и упрощению доступа к ней, в том числе за счет повышения доходов домохозяйств, внедрения инновационных технологических решений, проведения грамотной экологической политики. Взаимосвязи между различными целями устойчивого развития и устойчивым транспортом необходимо учитывать при планировании, финансировании и реализации проектов, чтобы ускорить их достижение и обеспечить устойчивость транспортной системы во всех трех измерениях.

В качестве конкретных примеров взаимосвязанности формирования устойчивого транспорта и решения широкого круга задач ЦУР можно привести следующие кейсы:

– согласно результатам лонгитюдного исследования домохозяйств пятнадцати деревень в Эфиопии, обеспечение доступности всесезонных сельских дорог с автомобильным движением и улучшение их качества сократило уровень бедности на 6,9 п.п. и увеличило потребление на 16,3 п.п. Другие подобные исследования, проведенные в Пакистане, Бангладеше, Марокко и

¹⁹ Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development (A/RES/70/1). – United Nations, 2015. – 38 p.

²⁰ Данные по показателям ЦУР // Федеральная служба государственной статистики. [Электронный ресурс] URL: <https://rosstat.gov.ru/sdg/data> (дата обращения: 10.02.2022)

²¹ Sustainable transport, sustainable development. Ibid. P. 3.

Вьетнаме, продемонстрировали положительное влияние развития дорожной сети и, в частности, подъездных дорог на уровень охвата населения образованием, грамотность, доступ к рынкам, занятость в несельскохозяйственных сферах и уровень диверсификации экономики²²;

– инвестиции в транспортную инфраструктуру островного государства в Тихом океане Республику Кирибати способствовали сокращению времени, затрачиваемого жителями столицы на поездки, вдвое, положительно повлияли на качество воздуха и состояние здоровья местных сообществ. Снижение уровня пыли, которое произошло благодаря реализации проекта, побудило мелких предпринимателей (в основном женщин) открыть продуктовые лавки вдоль главной дороги и ее ответвлений. В результате число зарегистрированных владельцев продуктовых лавок увеличилось на 50% в период с 2017 по 2018 гг. Снизилась и эксплуатационные затраты на содержание транспортных средств: автобусные компании стали тратить меньше денежных средств на техническое обслуживание и ремонт подшипников, амортизаторов, шин²³;

– центральным элементом реализации *Плана городской мобильности* г. Барселоны стало создание «суперблоков» – сети кварталов, расположенных так, что движение личных автомобилей и общественного транспорта возможно только по периметру, а внутренние улицы предназначены для пешеходов и велосипедистов. Проведенные исследования показали, что в результате увеличилась ожидаемая продолжительность жизни, а преждевременная смертность в городе снизилась примерно на 700 случаев в год. Это объясняется улучшением качества воздуха, уменьшением шумового загрязнения и увеличением физической активности жителей Барселоны²⁴.

Переход к устойчивой транспортной системе можно осуществить, применяя стратегию «*избегать-сместать-улучшать*». Этот подход впервые был предложен в 1990-е гг. в Германии в качестве способа структуризации мер политики, направленных на сокращение негативного воздействия транспорта на окружающую среду и улучшение качества городской жизни²⁵. В дальнейшем ученые по-разному формировали содержательную часть каждого из компонентов стратегии в зависимости от решаемых ими задач. В общем виде стратегия выглядит следующим образом (Рисунок 1):

²² Sustainable transport, sustainable development. Ibid. P. 3.

²³ Sustainable transport, sustainable development. Ibid. P. 3.

²⁴ Индекс развития транспортного комплекса. Аналитический доклад / А.А. Федянин, А.А. Грунин, О.И. Карасев [и др.]. – М., 2020. – С. 58; Комаров В., Акимова В. Стратегии устойчивой мобильности: лучшие мировые практики // Экономическая политика. – 2021. – Т. 16. – № 1. – С. 92.

²⁵ Bongardt D., Stiller L., Swart A., Wagner A. Sustainable urban transport: Avoid-Shift-Improve (A-S-I). – Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, 2019. – 4 p.; Holzwarth S., Lah O., Martin E. et al. Integration is key: The role of electric mobility for low-carbon and sustainable cities. – UN-Habitat, 2022. – 82 p.



Рисунок 1 – Схема стратегии «избегать-сместить-улучшать»

Источник: составлено автором по: Hosek E., Yiu A. An Urgent Call for Radical Transport Climate Action to Accelerate Implementation of Sustainable Development Goal 13 // SLOCAT Partnership.

[Электронный ресурс] URL: <https://slocat.net/an-urgent-call-for-radical-transport-climate-action-to-accelerate-implementation-of-sdg-13/> (дата обращения: 15.09.2021); Руководство по устойчивой городской мобильности и территориальному планированию. Содействие активной мобильности. – Европейская экономическая комиссия ООН, 2020. – 201 с.

Компоненты стратегии взаимосвязаны, но в то же время можно выделить приоритетные направления каждого. Приоритетами *первого компонента* являются улучшение городского планирования и организация рационального землепользования, снижение роли личного транспорта, создание условий для сокращения количества поездок на моторизованных видах транспорта (например, через организацию удаленной занятости). Приоритетом *второго компонента* является переход к более экологичным способам передвижения: ходьба и поездки на велосипеде, активное развитие общественного транспорта и его электрификация. *Третий компонент* подразумевает уменьшение расхода топлива и электроэнергии, распространение транспорта, работающего на альтернативных видах топлива, включая электрический, и возобновляемых источниках энергии²⁶.

²⁶ Hosek E., Yiu A. An Urgent Call for Radical Transport Climate Action to Accelerate Implementation of Sustainable Development Goal 13 // SLOCAT Partnership. [Электронный ресурс] URL: <https://slocat.net/an-urgent-call-for-radical-transport-climate-action-to-accelerate-implementation-of-sdg-13/> (дата обращения: 15.09.2021); Руководство по устойчивой городской мобильности и территориальному планированию. Содействие активной мобильности. – Европейская экономическая комиссия ООН, 2020. – 201 с.

После принятия в конце 2015 г. на 21-й сессии Конференции сторон Рамочной конвенции ООН об изменении климата *Парижского соглашения*²⁷ транспортная отрасль столкнулась с необходимостью перехода к регулированию антропогенных выбросов парниковых газов и, соответственно, низкоуглеродному развитию для достижения Целей устойчивого развития и, в частности, ЦУР №13 «Борьба с изменением климата».

Транспортная отрасль вносит значительный вклад в антропогенные выбросы парниковых газов и, соответственно, изменение климата. В то же время она сама уязвима перед экстремальными погодными явлениями и стихийными бедствиями, обусловленными климатическими изменениями. Ежегодные прямые издержки, связанные с ущербом автомобильному и железнодорожному транспорту и соответствующей инфраструктуре от экстремальных погодных явлений, оцениваются в диапазоне от 3,1 до 22 млрд долларов, из которых на наводнения приходится около 73%. Общая стоимость транспортных активов, подверженных эпизодическим прибрежным наводнениям, может увеличиться до 12–20% мирового ВВП к 2100 г., если не будут приняты меры по адаптации к климатическим изменениям²⁸.

Таким образом, декарбонизация транспорта имеет важное значение как для перехода к устойчивому развитию в целом, так и для поддержания и усиления устойчивости самой транспортной системы.

На долю транспортной отрасли приходится 64% мирового потребления нефти и 27% глобального энергопотребления. Доля транспортной отрасли в совокупных антропогенных выбросах CO₂ составляет 23%²⁹. Наибольший вклад вносит автомобильный транспорт (74%), а именно пассажирский (автомобили, мотоциклы, автобусы, такси) – 44%. Наименьший вклад у железнодорожного транспорта – около 1% (Рисунок 2). В России доля автомобильного транспорта в суммарных транспортных выбросах парниковых газов (без учета трубопроводного), согласно данным национального кадастра от 2018 г., составляет 87,3%³⁰.

²⁷ Парижское соглашение // ООН. [Электронный ресурс] URL: <https://www.un.org/ru/climatechange/paris-agreement> (дата обращения: 15.09.2021)

²⁸ Sustainable transport, sustainable development. Ibid. P. 11.

²⁹ Mead L. The Road to Sustainable Transport. – International Institute for Sustainable Development, 2021. – P. 2.

³⁰ Научно обоснованный прогноз адаптации сектора автомобильного транспорта к вероятным последствиям изменения климата и возможные сценарии его декарбонизации в Российской Федерации / Ю.В. Трофименко, В.И. Комков, Е.В. Шашина [и др.]. – Центр энергетики МШУ Сколково, МАДИ, 2022. – С. 51.

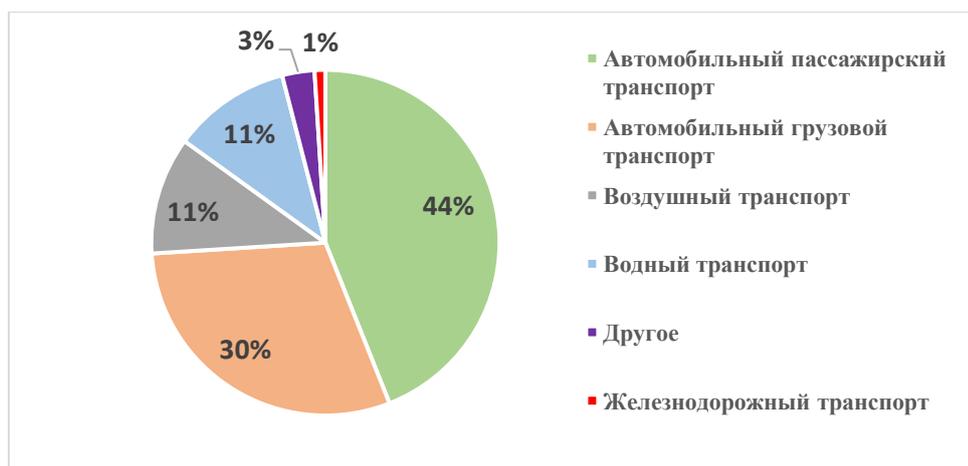


Рисунок 2 – Выбросы CO₂ по видам транспорта, 2018 г.

Примечание: категория «Другое» включает выбросы от трубопроводного транспорта, от техники для выполнения погрузочно-разгрузочных работ в порту и т. п.

Источник: рассчитано и составлено автором по: Transport sector CO₂ emissions by mode in the Sustainable Development Scenario, 2000–2030 // IEA [Электронный ресурс] URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/transport-sector-co2-emissions-by-mode-in-the-sustainable-development-scenario-2000-2030> (дата обращения: 09.02.2022)

За период с 1990 г. по 2021 г. выбросы CO₂ от транспорта увеличивались в среднем на 1,7% в год, быстрее, чем в других секторах конечного потребления³¹. Развивающиеся страны продемонстрировали самые высокие темпы роста: в 2019 г. Азия стала крупнейшим эмитентом выбросов в абсолютном выражении. В различных сценариях прогнозируется дальнейший рост транспортных выбросов³². К 2050 г. объем только пассажирских перевозок может увеличиться втрое с 44 трлн пасс.-км в 2015 г. до 122 трлн пасс.-км³³. Выбросы парниковых газов от транспорта могут увеличиться почти на 20% к 2030 г. и на 50% к 2050 г.³⁴ Поэтому для обеспечения устойчивого и низкоуглеродного развития транспортной отрасли потребуются значительные усилия по сокращению выбросов.

Пандемия новой коронавирусной инфекции COVID-19 оказала существенное влияние на функционирование всей транспортной отрасли. В 2020 г. транспортные выбросы CO₂ снизились на 19,4% по сравнению с уровнем предыдущего года: выбросы от международных воздушных перевозок упали на 56,4%, от внутренних воздушных перевозок – на 31,9%, от международных

³¹ Transport // IEA. [Электронный ресурс] URL: <https://www.iea.org/energy-system/transport> (дата обращения: 09.02.2022)

³² Sustainable transport, sustainable development. Ibid. P. 9.

³³ ITF Transport Outlook 2019 (Summary in English) // OECD. [Электронный ресурс] URL: <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/c013afc7-en/index.html?itemId=/content/component/c013afc7-en> (дата обращения: 10.02.2022)

³⁴ Paris Declaration on Electro-Mobility and Climate Change & Call to Action // UNFCCC [Электронный ресурс] URL: <https://unfccc.int/media/521376/paris-electro-mobility-declaration.pdf> (дата обращения: 10.02.2022)

морских перевозок – на 24,8%, от автомобильного и железнодорожного транспорта – на 14,6%³⁵. Однако уже в 2021 г. они вновь стали расти³⁶.

Загрязнение воздуха занимает четвертое место среди основных факторов риска преждевременной смерти, уступая только высокому артериальному давлению, употреблению табака и неправильному питанию³⁷. По последним оценкам Всемирной организации здравоохранения (2016 г.), загрязнение атмосферного воздуха приводит к 4,2 млн случаев преждевременной смерти ежегодно³⁸. Согласно недавнему крупному исследованию (2019 г.), антропогенное загрязнение воздуха приводит к 5,5 млн случаев преждевременной смерти ежегодно, из которых 3,6 млн являются результатом негативного воздействия сжигания ископаемого топлива в электроэнергетике, промышленности и на транспорте^{39, 40}. В России загрязнение атмосферного воздуха является причиной преждевременной смерти более 100 тыс. человек в год⁴¹.

По оценкам Всемирного Банка, экономические потери от загрязнения воздуха в странах Европы и Средней Азии составляют 5,1% ВВП, в Восточной и Южной Азии – максимальные 7,5%⁴².

Транспорт является ключевым источником загрязнения воздуха в городах. Согласно данным Европейского агентства по окружающей среде, на автомобильный транспорт приходится 28% суммарных выбросов оксидов азота (NO_x), 18% монооксида углерода (CO), 7,6% неметановых летучих органических соединений (NMVOC), 7,7% взвешенных твердых частиц диаметром менее 10 мкм (PM₁₀) и 10% частиц диаметром менее 2,5 мкм (PM_{2.5})⁴³.

³⁵ Global Transport and Climate Change // SLOCAT. [Электронный ресурс] URL: <https://tcc-gsr.com/global-overview/global-transport-and-climate-change/> (дата обращения: 19.02.2022)

³⁶ Carbon dioxide emissions of the transportation sector worldwide from 1970 to 2021 // Statista. [Электронный ресурс] URL: <https://www.statista.com/statistics/1291615/carbon-dioxide-emissions-transport-sector-worldwide/> (дата обращения: 19.02.2022)

³⁷ Health Effects Institute. State of Global Air 2020. Special Report. – Boston, MA: Health Effects Institute, 2020. – 28 p.

³⁸ Загрязнение атмосферного воздуха (воздуха вне помещений) // Всемирная Организация Здравоохранения. [Электронный ресурс] URL: [https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) (дата обращения: 17.02.2023)

³⁹ Data Review: How many people die from air pollution? // Our World in Data. [Электронный ресурс] URL: <https://ourworldindata.org/data-review-air-pollution-deaths> (дата обращения: 17.02.2023)

⁴⁰ Барабошкина А.В., Кудрявцева О.В. Экстернальные издержки от автомобильного транспорта в контексте перехода к низкоуглеродной экономике: российский опыт. Указ. раб. С. 140.

⁴¹ Порфирьев Б.Н. Парадигма низкоуглеродного развития и стратегия снижения рисков климатических изменений для экономики // Проблемы прогнозирования. – 2019. – № 2. – С. 6.

⁴² Бобылев С.Н., Соловьева С.В., Астапкович М. Качество воздуха как приоритет для новой экономики // Мир новой экономики. – 2022. – Т. 16. – № 2. – С. 77.

⁴³ Emissions of air pollutants from transport // European Environment Agency. [Электронный ресурс] URL: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/transport-emissions-of-air-pollutants-8/transport-emissions-of-air-pollutants-8> (дата обращения: 23.12.2021); Барабошкина А.В., Кудрявцева О.В. Экстернальные издержки от автомобильного транспорта в контексте перехода к низкоуглеродной экономике: российский опыт. Указ. раб. С. 140.

Выбросы парниковых газов и загрязняющих воздух веществ и другие негативные воздействия на окружающую среду фигурируют во многих индексах, созданных для измерения степени устойчивости транспортной системы.

Организация экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) предложила следующие показатели и критерии экологически устойчивого транспорта (*Environmentally Sustainable Transport*):

- CO₂ – климатические изменения предотвращаются за счет того, что не допускается повышенный уровень выбросов углекислого газа в расчете на душу населения;
- NO_x – значительно снижена концентрация NO₂ в атмосферном воздухе, благодаря этому также снижается концентрация озона;
- VOC – значительно снижен ущерб от канцерогенных летучих органических соединений (ЛОС) и, соответственно, озона⁴⁴;
- Твердые частицы – не допускается повышенное содержание твердых частиц в атмосферном воздухе за счет сокращения их выбросов (особенно тех, размер которых составляет менее 10 мкм);
- Шум – снижен уровень окружающего шума, представляющего угрозу для здоровья или причиняющего сильные неудобства (максимум 55–70 децибел днем и 45 децибел ночью и в помещении);
- Землепользование – сокращена площадь земли, используемой для транспортных нужд, до уровней, отвечающих достижению местных и региональных целей по защите экосистем⁴⁵.

Корейский индекс зеленого роста (КОТИ 2011 г.) был разработан для оценки устойчивого развития и включает в себя три субиндекса, связанных с транспортной отраслью: «низкоуглеродная экологичность», «энергоэффективность» и «экономическая активность». «Низкоуглеродная экологичность» оценивается по следующим показателям:

- уровень выбросов, связанных с изменением климата;
- уровень выбросов загрязняющих веществ;
- транспортная безопасность (количество аварий и смертей);
- количество человек, подвергающихся шумовому загрязнению;
- площадь земли, занимаемой транспортными объектами;
- судебные иски, связанные с охраной окружающей среды⁴⁶.

⁴⁴ NO_x и VOC являются прекурсорами озона. Аббревиатура VOC (летучие органические соединения) в литературе также фигурирует как NMVOC (неметановые летучие органические соединения), так как обычно метан (один из парниковых газов) рассматривается отдельно.

⁴⁵ Litman T. (2023). Ibid. P. 41.

Коллектив МГУ имени М.В.Ломоносова разработал собственный *Индекс развития транспортного комплекса*, который предназначен для выявления сильных и слабых сторон транспортного комплекса мегаполисов и определения оптимальных путей его дальнейшего развития. Индекс включает в себя четыре субиндекса («качество транспортных услуг для населения», «доступность транспортных услуг для населения», «безопасность дорожного движения и воздействие транспорта на окружающую среду», «индекс эффективности грузовой логистики») и 72 расчетных показателя за 2010 г. и 2015–2018 гг.

Для оценки воздействия транспорта на окружающую среду ими были предложены следующие показатели:

- уровень выброса CO₂ от нестационарных источников;
- среднегодовое содержание твердых частиц в атмосферном воздухе;
- действующий экологический стандарт;
- уровень развития экологичного транспорта;
- уровень загруженности автодорог;
- наличие ограничений на въезд автомобиля в город.

В 2018 г. лидирующие позиции в рейтинге мегаполисов заняли Нью-Йорк, Москва и Сингапур, причем Москва сумела за период 2010–2018 гг. подняться с восьмого на второе место. Среди рекомендаций для дальнейшего снижения негативного воздействия транспорта на окружающую среду в Москве авторы аналитического доклада предлагают расширять использование альтернативных видов топлива, повышать действующие экологические стандарты и эффективность регулирования движения грузового транспорта и автомобилей низкого экологического качества⁴⁷.

Устойчивость транспорта не может быть достигнута в планируемых масштабах и с требуемой скоростью без внедрения инновационных технологий. Помимо развития альтернативных силовых установок для транспортных средств, ключевыми элементами инноваций в транспортной отрасли являются совместное использование транспортных средств, беспилотные автомобили, мобильность как услуга (MaaS)⁴⁸, интеллектуальные транспортные системы (ИТС)⁴⁹.

В рамках данного исследования, рассматривая альтернативные транспортные технологии, мы преимущественно анализируем полностью электрические автомобили (Battery Electric Vehicle, BEV), только частично включая в анализ полные гибриды (Hybrid Electric

⁴⁶ Litman T. (2023). Ibid. P. 71.

⁴⁷ Индекс развития транспортного комплекса. Аналитический доклад. Указ. раб. С. 25, 31, 35, 111.

⁴⁸ Мобильность как услуга (MaaS) – концепция персонализированных транспортных услуг по запросу.

⁴⁹ Научно обоснованный прогноз адаптации сектора автомобильного транспорта к вероятным последствиям изменения климата и возможные сценарии его декарбонизации в Российской Федерации. Указ раб.

Vehicle, HEV), подключаемые гибриды (Plug-In Hybrid Electric Vehicle, PHEV) и автомобили на водородных топливных элементах (Fuel Cell Electric Vehicle, FCEV). Ключевые характеристики всех видов электромобилей представлены в приложении 1.

1.2. Экстернальные эффекты автомобильного транспорта⁵⁰

Экономическая деятельность оказывает постоянное воздействие на людей, окружающую среду и материальные объекты. С этим воздействием связано возникновение внешних (экстернальных) эффектов, или экстерналий, под которыми понимаются результаты производства или потребления (как положительные, так и отрицательные), передаваемые третьим лицам без их согласия и какой-либо компенсации. Отрицательные и положительные внешние эффекты сопровождаются возникновением издержек и, соответственно, выгод (полезности), которые не учитываются в рыночных ценах. Недоучет экстернальных издержек (выгод) в ценах искажает их и делает заниженными (завышенными) с точки зрения общественных издержек (полезности) и ведет к неэффективному распределению ресурсов в экономике. Оценка экстернальных издержек и их адекватное отражение в ценах является одной из сложнейших экономических проблем.

В экономической теории, связанной с внешними эффектами, постепенно оформилось самостоятельное направление, занимающееся изучением транспортных экстерналий. Лауреат Нобелевской премии по экономике 1996 г. У. Викри еще в 1952 г. предложил регулировать спрос на проезд в нью-йоркском метрополитене с помощью налога Пигу⁵¹, дифференцируя плату за проезд в пиковые и вне пиковых часов⁵². Позднее У. Викри предложил похожую систему и для автомобильного транспорта. Именно по этому принципу сейчас функционируют электронные системы взимания платежей за проезд по платным автодорогам. Поэтому У. Викри часто называют «отцом платы “за заторы”» («congestion pricing»)⁵³.

Внешние эффекты транспорта обычно возникают в ситуациях, когда участники дорожного движения не оплачивают в полной мере издержки, связанные с их транспортной

⁵⁰ При написании данного раздела были использованы материалы опубликованных статей: Барабошкина А.В., Кудрявцева О.В. Оценка конкурентоспособности российского электромобиля как обоснование необходимости стимулирования рынка электромобилей в России // Russian Journal of Economics and Law. – 2023. – Т. 17. – № 2. – С. 269–288; Барабошкина А.В., Кудрявцева О.В. Экстернальные издержки от автомобильного транспорта в контексте перехода к низкоуглеродной экономике: российский опыт // Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика. – 2023. – Т. 58. – № 3. – С. 137–156.

⁵¹ Налог Пигу – это плата, взимаемая с производителей отрицательных внешних эффектов и увеличивающая предельные частные издержки до предельных общественных. Налог назван в честь английского экономиста А. Пигу, который предложил и обосновал его применение в работе «Экономическая теория благосостояния».

⁵² Ховавко И.Ю. Система «Платон»: интернализация экстерналий или «кара небесная»? // Экономическая политика. – 2018. – Т. 13. – № 2. – С. 78–99.

⁵³ Жизнь «эконов»: почему экономисты иногда оказываются неправы // Forbes. [Электронный ресурс] URL: <https://www.forbes.ru/forbeslife/obrazovanie-i-karera/316417-zhizn-ekonov-pochemu-ekonomisty-inogda-okazyvayutsya-nepravu> (дата обращения: 21.06.2022)

деятельностью, или, наоборот, не получают всех выгод⁵⁴. По последним оценкам, полученным в ходе крупного исследования экстерналий эффектов транспорта, подготовленного исследовательской и консалтинговой компанией CE Delft по заказу Европейской комиссии и опубликованного в «Руководстве по экстерналиям издержкам транспорта» (далее – «Руководство»), в 2016 г. доля автомобильного транспорта в совокупных экстерналиях издержек была наибольшей и составляла 83%, без учета морского и воздушного транспорта – 97,5%. 69% экстерналий издержек обусловлены пассажирскими перевозками, 31% – грузовыми⁵⁵. Экстерналии составляют более трети всех издержек автотранспорта, половина из них – экологические⁵⁶.

В структуре экологических экстерналий издержек транспорта наибольшая доля приходится на внешние эффекты, возникшие в результате загрязнения воздуха и изменения климата. Согласно «Руководству», в 2016 г. эти два вида экстерналий издержек составили 64% от суммарных экологических экстерналий издержек транспорта в странах Европейского союза (ЕС). Если добавить к ним косвенные выбросы транспорта, которые происходят на стадии жизненного цикла топлива «от скважины до бака»⁵⁷, то их доля возрастает до 75%. Оставшаяся часть приходится на издержки, связанные с шумовым загрязнением и разрушением естественной среды обитания⁵⁸.

М. Делуччи рассчитал экологические экстерналии издержки от использования автотранспортных средств в США. По его оценкам, издержки, обусловленные загрязнением воздуха, могут составлять от 85% до 90%, из них большая часть⁵⁹ связана с ущербом здоровью человека⁶⁰. Ущерб, связанный с выбросами парниковых газов и, соответственно, изменением климата, М. Делуччи рассчитал только для топливного цикла⁶¹. Его доля варьируется в

⁵⁴ Ховавко И.Ю. Ездить нельзя платить // Экономическая наука современной России. – 2011. – № 4. – С. 94–106; Pratt C. Estimation and valuation of environmental and social externalities for the transport sector // 25th Australasian Transport Research Forum Incorporating the BTRE Transport Policy Colloquium, 2002. – 28 p.

⁵⁵ Handbook on the external costs of transport: version 2019 – 1.1 / H. van Essen, L. van Wijngaarden, A. Schrotten et al. – Publication Office of the EU, 2020. – P. 151.

⁵⁶ Ховавко И.Ю. Автомобили в городе: теория и практика регулирования // Эффективное антикризисное управление. – 2016. – № 2. – С. 72.

⁵⁷ Одной из стадий жизненного цикла топлива (топливного цикла) является стадия well-to-tank («от скважины до бака»), которая включает в случае традиционных автомобилей добычу, переработку нефтепродуктов и их транспортировку до автозаправочных станций; в случае электромобилей – производство и передачу электроэнергии.

⁵⁸ Handbook on the external costs of transport: version 2019 – 1.1. Ibid. P. 152

⁵⁹ Оставшаяся часть издержек в категории «загрязнение воздуха» – это ущерб урожаю, лесам, материальным объектам и потеря видимости. Их доля в издержках, связанных с загрязнением воздуха, варьируется в диапазоне от 9% до 25%.

⁶⁰ Рассчитано автором по Delucchi M.A. Environmental Externalities of Motor-Vehicle Use in the US // Journal of Transport Economics and Policy. – 2000. – Vol. 34. – № 2. – P. 157.

⁶¹ Топливный цикл – от производства моторного топлива до его использования в двигателе автомобиля.

диапазоне от 7% до 13%. Прочие рассчитанные им издержки обусловлены шумом и загрязнением воды⁶².

Ниже на рисунках представлено распределение экологических экстерналий транспорта в соответствии с их удельным весом (Рисунок 3 и Рисунок 4).

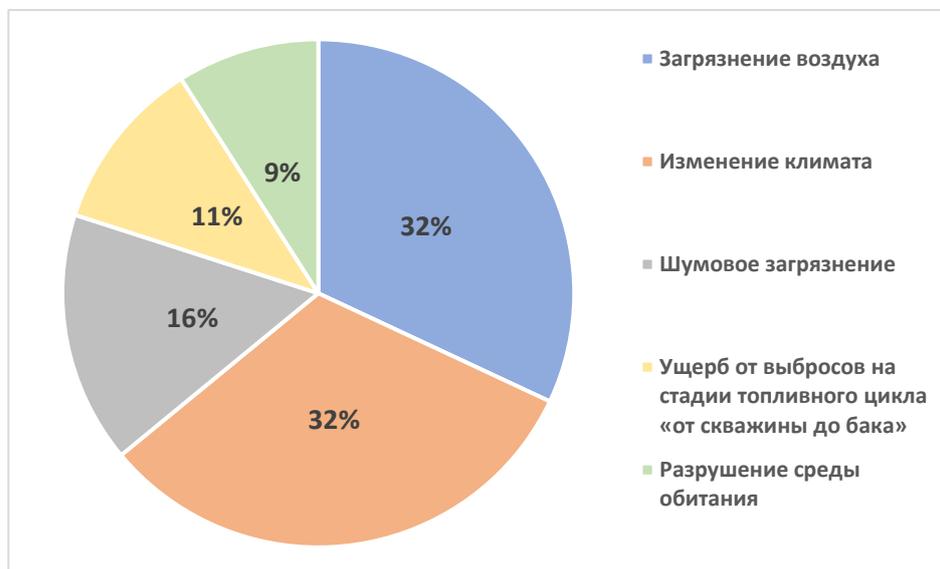


Рисунок 3 – Экологические экстерналии транспорта в разрезе категорий (страны ЕС), %

Источник: рассчитано и составлено автором по: Handbook on the external costs of transport: version 2019 – 1.1. Ibid. P. 152.

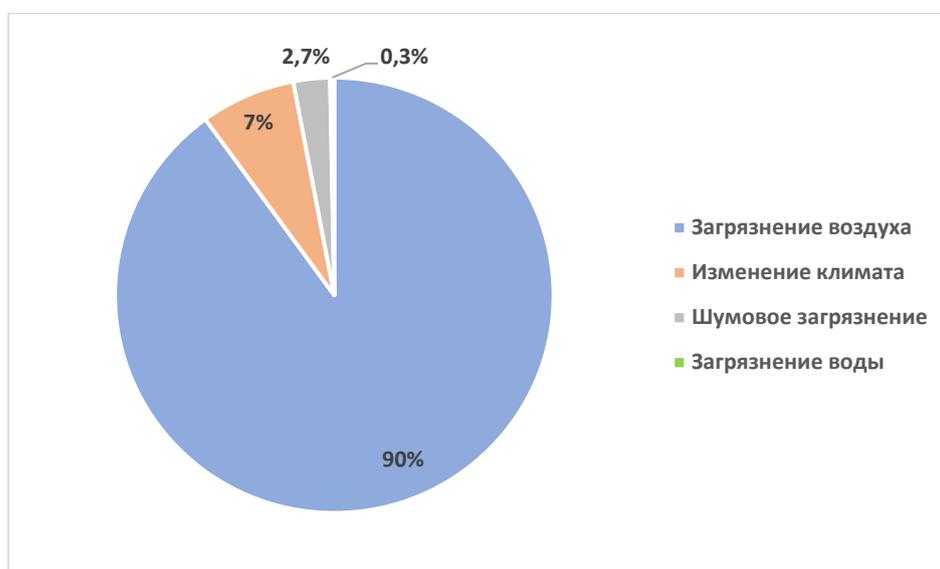


Рисунок 4 – Экологические экстерналии автомобильного транспорта в разрезе категорий (США), %

Примечание: рассчитано автором на основе верхней оценки экстерналий издержек, обусловленных загрязнением воздуха.

Источник: рассчитано и составлено автором по: Delucchi M.A. Ibid. P. 157.

⁶² Delucchi M. Ibid. P. 157.

Сопоставляя экстерналии электромобилей и традиционных автомобилей с ДВС, ученые обычно проводят сравнительный анализ экологических экстерналиальных эффектов, хотя в некоторых работах также встречаются такие виды социально-экономических экстерналий, как потеря времени, дорожно-транспортные происшествия и заторы.

Социально-экономические экстерналии

П. Йохем и др. отмечают, что в издержках, связанных с авариями и пробками, между электромобилями и автомобилями с ДВС нет значимого различия. С одной стороны, на трассах благодаря тому, что водители электромобилей могут избегать высоких скоростей для экономии заряда, риски серьезных аварий снижаются. С другой стороны, число ДТП с участием электромобилей может быть выше при низких скоростях (меньше 25 км/ч) из-за низкого уровня шума⁶³.

Л. Митропулос и др. включили в расчеты денежную оценку потери времени, обусловленную необходимостью заправлять/заряжать транспортные средства и проходить техобслуживание. Стоимость затраченного времени они рассчитали исходя из средней почасовой зарплаты в США. Частота техобслуживания традиционного автомобиля – 22 раза в течение срока службы⁶⁴, владелец теряет 2 часа времени каждый раз. Частота техобслуживания гибрида и электромобиля – 20 и 10 раз соответственно. Что касается затрат времени на заправку топливом/зарядку, то предполагается, что среднее время заправки – 6 минут, среднее время зарядки – 26 минут, причем это занимает 5% от общего числа циклов зарядки за год в условиях вождения в городских условиях (время, потраченное на зарядку ночью, или в пункте назначения, оборудованном зарядным устройством, не учитывается). Результаты показали, что издержки, связанные с потерей времени, у владельца электромобиля ниже, чем издержки у владельцев автомобиля с ДВС и гибрида в 1,65 и 1,3 раза соответственно⁶⁵. Если владелец электромобиля заряжается на «быстрых» зарядных станциях или совершает относительно короткие поездки, подзаряжаясь только дома или на работе, то затраты времени на прохождение данной процедуры будут сведены практически к нулю.

Экологические экстерналии

Истощение ресурсов

Исследований, посвященных сравнительной оценке влияния электромобилей и автомобилей с ДВС на истощение ресурсов, немного. Результаты в основном показывают, что

⁶³ Jochem P., Doll C., Fichtner W. External costs of electric vehicles // Transportation Research Part D: Transport and Environment. – 2016. – Vol. 42. – Pp. 60–76.

⁶⁴ Оценки получены исходя из срока службы 10,6 лет и ежегодного пробега 11 300 миль (18 193 км).

⁶⁵ Mitropoulos L.K., Prevedouros P.D., Kopelias P. Total cost of ownership and externalities of conventional, hybrid and electric vehicle // Transportation Research Procedia. – 2017. – Vol. 24. – Pp. 267–274.

негативное воздействие электромобилей на истощение металлических ресурсов выше, чем традиционных автомобилей. Согласно последним оценкам, экстенсивное использование таких металлов, как литий, никель, кобальт, медь, необходимых для производства литий-ионных батарей, приводит к тому, что негативное воздействие электромобилей выше в 4,2 и 2,7 раза, чем автомобилей с ДВС и гибридов соответственно⁶⁶. Особые опасения вызывает кобальт, применяемый для изготовления катодов литий-ионных аккумуляторных батарей (АКБ), так как более половины запасов и почти вся его добыча сконцентрированы в нестабильной Демократической Республике Конго (ДРК)⁶⁷, а спрос продолжает расти⁶⁸ и может увеличиться на 74,5% к 2026 г. по сравнению с 2022 г.⁶⁹

Для сокращения масштабов истощения редкоземельных металлов и других металлических ресурсов, а также решения проблемы с отходами необходимо создавать батареи с более высокой плотностью энергии, чтобы снижать их массу, а также развивать их переработку и повторное использование. Согласно *Регламенту Европейского Парламента и Совета Европейского Союза о батареях и об отходах батарей* от 2020 г., к 2030 г. аккумуляторы, в том числе для электромобилей, должны содержать следующие доли восстановленных кобальта, свинца, лития и никеля: 12% кобальта, 85% свинца, 4% лития и 4% никеля. К 2035 г. минимальные доли должны возрасти до 20% кобальта, 10% лития и 12% никеля⁷⁰.

Обратная ситуация наблюдается при оценке влияния транспортных средств на истощение топливно-энергетических ресурсов. Согласно исследованию Э. Пипитоне и др., в течение жизненного цикла потребление ископаемых видов топлива автомобилями с ДВС составляет 57,8 г/км, гибридами – 48,4 г/км, полностью электрическими автомобилями – 26,6 г/км⁷¹. Таким образом, расход топливно-энергетических ресурсов в случае электромобиля ниже в 2,2 и 1,8 раза соответственно.

Если рассматривать стадии жизненного цикла по отдельности, то у автомобиля с ДВС и гибрида основное потребление ископаемого топлива приходится на фазу эксплуатации (87,8% и

⁶⁶ Pipitone E., Caltabellotta S., Occhipinti L. A Life Cycle Environmental Impact Comparison between Traditional, Hybrid, and Electric Vehicles in the European Context // Sustainability, MDPI. – 2021. – Vol. 13. – № 19. – Pp. 1–32.

⁶⁷ Катона В. Страсти вокруг кобальта: в чьих руках металл XXI века? // РСМД. [Электронный ресурс] URL: [https://russiancouncil.ru/analytics-and-comments/analytics/strasti-vokrug-kobalta-v-chikh-rukakh-metall-xxi-veka/#:~:text](https://russiancouncil.ru/analytics-and-comments/analytics/strasti-vokrug-kobalta-v-chikh-rukakh-metall-xxi-veka/#:~:text=(дата обращения: 03.09.2022))

⁶⁸ Dolganova I., Rödl A., Bach V. et al. A Review of Life Cycle Assessment Studies of Electric Vehicles with a Focus on Resource Use // Resources, MDPI. – 2020. – Vol. 9. – № 3. – Pp. 1–20.

⁶⁹ FEATURE: Battery makers slash cobalt intensity in face of accelerating demand // S&P Global. [Электронный ресурс] URL: <https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/market-insights/latest-news/metals/082922-feature-battery-makers-slash-cobalt-intensity-in-face-of-accelerating-demand> (дата обращения: 03.09.2022)

⁷⁰ Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL concerning batteries and waste batteries, repealing Directive 2006/66/EC and amending Regulation (EU) No 2019/1020. [Электронный ресурс] URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A52020PC0798> (дата обращения: 12.10.2022)

⁷¹ Pipitone E., Caltabellotta S., Occhipinti L. Ibid. P. 18.

82,7%), у электромобиля – на фазу производства (52,6%)⁷². Это обусловлено высокой энергоемкостью производства аккумуляторной батареи и преобладанием ископаемого топлива в структуре генерации электроэнергии в Китае, на примере которого проводились расчеты, связанные с ее изготовлением⁷³. На этапе эксплуатации полностью электрические автомобили потребляют в 4,2 и 3,35 раза меньше топливно-энергетических ресурсов (рассчитано на основе европейской структуры генерации электроэнергии). Результаты оценок сильно меняются в зависимости от особенностей энергобаланса рассматриваемой страны. Так, эксплуатация полностью электрического автомобиля в Норвегии, где 97% электрической энергии производится за счет возобновляемых источников энергии, увеличивает этот разрыв до 86 и 68 раз; в Польше, где 73% электричества производится на угольных станциях, наоборот, сокращает до 2 и 1,7 раза⁷⁴.

По оценкам Ю.В. Сияка, основанных на американских данных, полный расход энергии у электромобиля ниже, чем у автомобиля с ДВС в 1,7 раза. При этом для изготовления электромобиля требуется в 1,1 раза больше энергии, чем для автомобиля с ДВС. При эксплуатации расход энергии у электромобиля, наоборот, меньше – в 3,5 раза⁷⁵.

Ю. Долганова и др. отмечают, что если воздействие на металлические и топливно-энергетические ресурсы оценивается в рамках одной категории, то электромобили в большинстве случаев показывают лучшие результаты⁷⁶.

Образование отходов

Исследований, посвященных отходам электромобилей, мало. В. де Абреу и др. указывают, что благодаря значительно меньшему количеству деталей электромобили генерируют меньше отходов⁷⁷. Кроме того они, в отличие от автомобилей с ДВС, не создают угрозы утечки нефтепродуктов, которая может привести к значительному загрязнению воды и почвы. С другой стороны, остро стоит проблема утилизации аккумуляторных батарей. В настоящее время перерабатывается не более 5% использованных батарей⁷⁸. Это означает, что большая их часть отправляется на захоронение. Как было сказано выше, технологический

⁷² Pipitone E., Caltabellotta S., Occhipinti L. Ibid. P. 18–19.

⁷³ Выбор авторами исследования Китая обусловлен тем, что в 2017 г. на страну приходилось 70% от мирового производства батарей.

⁷⁴ Pipitone E., Caltabellotta S., Occhipinti L. Ibid.

⁷⁵ Рассчитано автором по: Сияк Ю.В. Проблемы конкурентоспособности новых технологий в легковом автотранспорте (ДВС-Электромобиль-Водородный автомобиль с топливным элементом). – ИИП РАН, 2019. – С. 45, 48–51.

⁷⁶ Dolganova I., Rödl A., Bach V. et al. Ibid.

⁷⁷ De Abreu V.H.S., Da Costa M.G., Da Costa V.X. et al. The Role of the Circular Economy in Road Transport to Mitigate Climate Change and Reduce Resource Depletion // Sustainability, MDPI. – 2022. – Vol. 14. – № 14. – Pp. 1–26.

⁷⁸ Lithium-ion Battery Recycling: Benefits and Risks Analyzed. [Электронный ресурс] URL: <https://www.cirbasolutions.com/news/lithium-ion-battery-recycling-benefits-and-risks-analyzed/> (дата обращения: 05.02.2023)

прогресс и развитие переработки батарей может способствовать снижению негативного воздействия электромобилей в данном аспекте.

Шумовое загрязнение

Эпидемиологические исследования показывают, что транспортный шум представляет угрозу здоровью населения, в частности увеличивая риски сердечно-сосудистых заболеваний и смертности от них. По данным ВОЗ, в странах Западной Европы из-за шума дорожного движения ежегодно теряется более 1,6 млн лет здоровой жизни (Healthy Life Years, HLY)⁷⁹, негативному воздействию на здоровье подвергается почти каждый третий европейский житель в целом⁸⁰. В мегаполисах на долю транспорта приходится не менее 80% от общего шумового загрязнения⁸¹. Согласно последним оценкам, полученным для стран Европейского союза, совокупные издержки, связанные с шумовым загрязнением от пассажирского транспорта, составляют 42,6 млрд евро, из которых 26,2 млрд евро приходится на бензиновые и дизельные автомобили⁸².

Уровень вызываемого шумом дискомфорта и степень влияния шума на здоровье человека зависят от громкости звуков, измеряемой в децибелах (дБ). Уровень шума днем не должен превышать 55 дБ, ночью – 45 дБ. Для сравнения типичный уровень шума грузовиков и мотоциклов составляет 93 дБ, автомобилей с ДВС – 80 дБ, электромобилей – 40 дБ⁸³. Н.Е. Бондарь отмечает, что распространение электромобилей может уменьшить уровень шума на городских дорогах, но только на тех участках, где средняя скорость транспортных средств составляет 50 км/ч и меньше. Это связано с тем, что при высоких скоростях преобладает шум шин, дороги и ветра, а не звук двигателя, который практически отсутствует в случае электромобилей⁸⁴.

С другой стороны, сравнительно низкий уровень шума электромобилей может являться причиной дорожно-транспортных происшествий. Э. Карааслан и др. в своей работе приходят к выводу, что в целом электромобили на 25% опаснее для пешеходов, чем традиционные автомобили. При этом они отмечают, что риски для безопасности возрастают до 30% при

⁷⁹ Münzel T., Sørensen M., Daiber A. Transportation noise pollution and cardiovascular disease // Nature Reviews Cardiology. – 2021. – № 18. – P. 619.

⁸⁰ Noise (Impact) // World Health Organization. [Электронный ресурс] URL: https://www.who.int/europe/health-topics/noise#tab=tab_2 (дата обращения: 06.12.2022)

⁸¹ Усанина Л.В., Вербицкая Н.О. Оценка состояния шумового загрязнения автомобильным транспортом улично-дорожной сети в г. Екатеринбурге // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 3. [Электронный ресурс] URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=9468> (дата обращения: 06.12.2022)

⁸² Handbook on the external costs of transport: version 2019 – 1.1. Ibid. P. 97.

⁸³ Could EVs Solve the UK's Noise Pollution Problem // Vehicle Contracts. [Электронный ресурс] URL: <https://www.vehiclecontracts.co.uk/blog/could-evs-solve-the-uks-noise-pollution-problem/> (дата обращения: 06.12.2022)

⁸⁴ Бондарь Н.Е. Шум автомобильного транспорта: сделают ли электромобили транспортный поток тише? // Молодой ученый. – 2019. – № 14 (252). – С. 73–76.

высоком уровне шума окружающей среды, при низком уровне снижаются до 10%⁸⁵. Согласно исследованию Национальной администрации безопасности дорожного движения США (National Highway Traffic Safety Administration, NHTSA), вероятность, что электромобиль станет причиной аварии с участием пешеходов и велосипедистов на 37% и 56% выше, чем у традиционного автомобиля. Исследование, проведенное по заказу Министерства транспорта Великобритании, выявило, что электрические и гибридные транспортные средства «гораздо труднее заметить», чем традиционные транспортные средства при минимальной скорости⁸⁶. В связи с этим в Европе с 1 июля 2019 г. все новые электромобили и гибриды оснащаются акустической системой оповещения (Acoustic Vehicle Alert System, AVAS)⁸⁷. AVAS автоматически включается при скорости 20 км/ч и ниже. Минимальный уровень шума при 20 км/ч должен составлять 56 дБ, максимальная норма шума – 75 дБ. В США в 2018 г. также был принят закон, согласно которому у всех новых электромобилей, продаваемых в США с 1 сентября 2020 г., должен работать имитатор шума⁸⁸.

Выбросы парниковых газов и загрязняющих веществ

Выбросы от транспортного средства происходят в течение всего его жизненного цикла. Анализ (оценка) жизненного цикла (Life Cycle Assessment, LCA) транспортного средства базируется на трех подходах, от выбора которого зависит, сколько этапов будет охвачено: 1. «от колыбели до ворот» (cradle-to-gate); 2. «от колыбели до могилы» (cradle-to-grave); 3. «от колыбели до колыбели» (cradle-to-cradle). Cradle-to-gate LCA подразумевает анализ жизненного цикла автомобиля от добычи сырья, необходимого для его производства, до ворот предприятия, т. е. до фазы транспортировки⁸⁹ готового автомобиля потребителю. Cradle-to-grave LCA означает анализ полного цикла, начиная с добычи сырья и заканчивая этапом утилизации автомобиля. Cradle-to-cradle LCA — это замкнутый жизненный цикл, в котором материалы, переработанные в конце предыдущего жизненного цикла, повторно используются в качестве сырья для следующего⁹⁰.

Анализ жизненного цикла топлива рассматривается с точки зрения пути, которое проходит топливо «от скважины до колеса» (well-to-wheel, WTW). Этот путь может быть

⁸⁵ Karaaslan E., Noori M., Lee J. et al. Modeling the effect of electric vehicle adoption on pedestrian traffic safety: An agent-based approach // Transportation Research Part C: Emerging Technologies. – 2018. – Vol. 93. – P. 198, 209.

⁸⁶ Silent Cars and AVAS – Questions and Answers // EBU. [Электронный ресурс] URL: <https://www.euroblind.org/silent-cars-and-avas-questions-and-answers> (дата обращения: 07.12.2022)

⁸⁷ Electric and hybrid cars: new rules on noise emitting to protect vulnerable road users // European Commission. [Электронный ресурс] URL: https://single-market-economy.ec.europa.eu/news/electric-and-hybrid-cars-new-rules-noise-emitting-protect-vulnerable-road-users-2019-07-03_en (дата обращения: 07.12.2022)

⁸⁸ Электромобили зашумели по команде // Коммерсантъ. [Электронный ресурс] URL: <https://www.kommersant.ru/doc/4017790> (дата обращения: 07.12.2022)

⁸⁹ Транспортировка может происходить между всеми этапами.

⁹⁰ Барабошкина А.В., Кудрявцева О.В. Экстернальные издержки от автомобильного транспорта в контексте перехода к низкоуглеродной экономике: российский опыт. Указ. раб. С. 142.

разделен на два этапа: «от скважины до бака» (well-to-tank, WTT) и «от бака до колеса» (tank-to-wheel, TTW)⁹¹. На первом этапе фокус сосредоточен на процессе производства топлива, начиная с добычи нефти или других энергоресурсов и заканчивая поставкой готового продукта конечному пользователю⁹². На втором этапе анализируется процесс сжигания топлива в двигателе машины⁹³. Рисунок 5 иллюстрирует границы системы, которая представляет собой совокупность процессов, связанных с транспортным средством и топливом (Рисунок 5).



Рисунок 5 – Типы анализа жизненного цикла транспортного средства и топлива

Источник: Xia X., Li P. Ibid. P. 5.

Выбросы, которые образуются в результате сжигания топлива в автомобильном двигателе, называются выхлопными или отходящими газами (*exhaust emissions*). В процессе эксплуатации автомобилей с любым типом двигателя также происходят выбросы, не связанные с выхлопными газами (*non-exhaust emissions*). Они образуются из-за износа шин, тормозов, стирания дорожного покрытия и ресуспензии (вторичного подъема) дорожной пыли⁹⁴.

В таблице 1 перечислены основные загрязняющие воздух вещества и парниковые газы, источниками которых являются автомобили и процессы, связанные с их производством и эксплуатацией. Важно отметить, что на локальном и региональном уровнях в основном рассматриваются загрязняющие вещества, которые представляют серьезную угрозу здоровью

⁹¹ Барабошкина А.В., Кудрявцева О.В. Экстернальные издержки от автомобильного транспорта в контексте перехода к низкоуглеродной экономике: российский опыт. Указ. раб. С. 142.

⁹² В случае с электромобилями анализируется процесс производства и передачи электроэнергии.

⁹³ Xia X., Li P. A review of the life cycle assessment of electric vehicles: Considering the influence of batteries // Science of The Total Environment. – 2022. – Vol. 814. – Pp. 1–14.

⁹⁴ Transportation Cost and Benefit Analysis II – Air Pollution Costs. – Victoria Transport Policy Institute, 2020. – 26 p. [Электронный ресурс] URL: <https://www.vtpi.org/tca/tca0510.pdf> (дата обращения: 08.12.2021); Non-exhaust Particulate Emissions from Road Transport: An Ignored Environmental Policy Challenge (Highlights). – Paris: OECD Publishing, 2020. – 12 p.

населения. На глобальном уровне внимание сконцентрировано на выбросах парниковых газов – источнике климатических изменений.

Таблица 1 – Выбросы от транспортных средств и связанных с ними процессов

Выбросы	Описание
Углекислый газ, или диоксид углерода (CO ₂)	Основной парниковый газ. На CO ₂ приходится бóльшая часть антропогенных выбросов – 72%. Выбросы CO ₂ составляют 95–99% совокупных выбросов парниковых газов от автомобилей, предназначенных для перевозки пассажиров.
Метан (CH ₄)	Парниковый газ. Потенциал глобального потепления (GWP) ⁹⁵ в 27–30 раз выше, чем у CO ₂ на горизонте 100 лет. На метан приходится 19% антропогенных выбросов парниковых газов.
Закись азота (N ₂ O)	Парниковый газ. Помимо влияния на изменение климата, вносит вклад в разрушение озонового слоя. GWP в 273 раза выше, чем у CO ₂ на горизонте 100 лет. На N ₂ O приходится 6% антропогенных выбросов парниковых газов.
Озон (O ₃)	CO, NO _x и НМЛОС в присутствии солнечного света участвуют в образовании этого парникового газа в тропосфере (самая нижняя часть атмосферы), поэтому их часто называют «прекурсорами озона».
Монооксид углерода, или угарный газ (CO)	Токсичный газ, который образуется при неполном сгорании топлива.
Твердые частицы (PM ₁₀ , PM _{2,5})	Мелкие твердые частицы диаметром 10 микрометров (мкм) и менее, 2,5 мкм и менее соответственно. Содержатся в воздухе и оказывают широкий спектр негативных воздействий на сердечно-сосудистую и дыхательную системы.
Оксиды азота (NO _x)	Под NO _x обычно подразумеваются оксид азота (NO) и диоксид азота (NO ₂).
Оксиды серы (SO _x)	Самый распространенный оксид серы – это диоксид серы (SO ₂). Кислотные осадки образуются в результате реакции атмосферной влаги с SO _x и NO _x .
Летучие органические соединения (ЛОС, VOC)	В литературе также встречается аббревиатура НМЛОС (NMVOC), которая расшифровывается как неметановые летучие органические соединения. Это связано с тем, что метан как парниковый газ

⁹⁵ Потенциал глобального потепления (Global Warming Potential, GWP) – коэффициент, определяющий степень воздействия различных парниковых газов на глобальное потепление. За эталон принят CO₂, чей GWP равен 1. Так как парниковые газы в разной степени способствуют климатическим изменениям, то общий объем выбросов рассчитывают через сопоставимый им объем выбросов CO₂, в CO₂-эквиваленте. Чтобы рассчитать объем выбросов в CO₂-экв., объем каждого газа умножают на его GWP.

	обычно рассматривают отдельно от группы токсических летучих органических соединений.
Аммиак (NH ₃)	Аммиак играет значительную роль в образовании мелкодисперсных твердых частиц PM _{2.5} .

Источник: Гилленвотер М., Сааринен К., Аджавон А-Л. Н., Смит К.А. Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов МГИЭК, Глава 7. Прекурсоры и косвенные выбросы. – МГИЭК, 2006; Перечень аббревиатур // ОЭСР. [Электронный ресурс] URL: <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/c31e7424-ru/index.html?itemId=/content/component/c31e7424-ru> (дата обращения: 25.12.2021); Петров А. Глобальное потепление: как государства регулируют количество выбросов // Тинькофф Журнал. [Электронный ресурс] URL: <https://journal.tinkoff.ru/decarbonization/> (дата обращения: 25.12.2021); Внимание: угарный газ! // Газпром газораспределение Владимир. [Электронный ресурс] URL: <https://www.vladoblgaz.ru/prochee/> (дата обращения: 25.12.2021); Система мониторинга частиц PM_{2.5} и PM₁₀ // Лабтест. [Электронный ресурс] URL: <https://lab-test.ru/sistemy-monitoringa-chastits-pm2-5-i-pm10/> (дата обращения: 25.12.2021); Виды кислотных дождей и их состав // Ozone Program. [Электронный ресурс] URL: https://www.ozoneprogram.ru/biblioteka/slovar/kislotnye_dozhdi/sostav_kislotnyh_dozhdej/ (дата обращения: 25.12.2021); Understanding Global Warming Potentials // EPA. [Электронный ресурс] URL: <https://www.epa.gov/ghgemissions/understanding-global-warming-potentials> (дата обращения: 25.12.2021); Nitrogen oxides, NO_x // EEA. [Электронный ресурс] URL: <https://www.eea.europa.eu/help/glossary/eper-chemicals-glossary/nitrogen-oxides-nox> (дата обращения: 25.12.2021); Sulphur oxides (SO_x) // EEA. [Электронный ресурс] URL: <https://www.eea.europa.eu/help/glossary/eper-chemicals-glossary/sulphur-oxides-sox> (дата обращения: 25.12.2021); Farren N.J., Davison J., Rose R.A. et al. Underestimated Ammonia Emissions from Road Vehicles // Environmental Science and Technology. – 2020. – № 54. – Pp. 15689-15697.

В исследованиях, посвященных оценке объемов выбросов в течение жизненного цикла транспортных средств с разными типами двигателей, чаще всего рассматриваются только выбросы CO₂ или выбросы CO₂ и нескольких других парниковых газов (CH₄, N₂O). Как отмечают Н. Хилл и др., которые проанализировали почти 350 публикаций, связанных с анализом жизненного цикла транспортных средств, расчеты выбросов парниковых газов встречаются в 63% публикаций. Выбросы загрязняющих воздух веществ оцениваются реже: примерно в 70 работах (~20%)⁹⁶. В некоторых исследованиях рассчитываются выбросы ограниченного количества видов загрязняющих веществ: VOC, NO_x, PM_{2.5} и SO₂⁹⁷. В отдельных, как правило, крупных работах оцениваются объемы всех или практических всех

⁹⁶ Hill N., Amaral S., Morgan-Price S. et al. Determining the environmental impacts of conventional and alternatively fuelled vehicles through LCA. – Publication Office of the EU, 2020. – P. 7–8.

⁹⁷ Zheng Y., He X., Wang H. et al. Well-to-wheels greenhouse gas and air pollutant emissions from battery electric vehicles in China // Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change. – 2020. – Vol. 25. – Pp. 355–370; Yang L., Yu B., Yang B. et al. Life cycle environmental assessment of electric and internal combustion engine vehicles in China // Journal of Cleaner Production. – 2021. – Vol. 285. – Pp. 1–13.

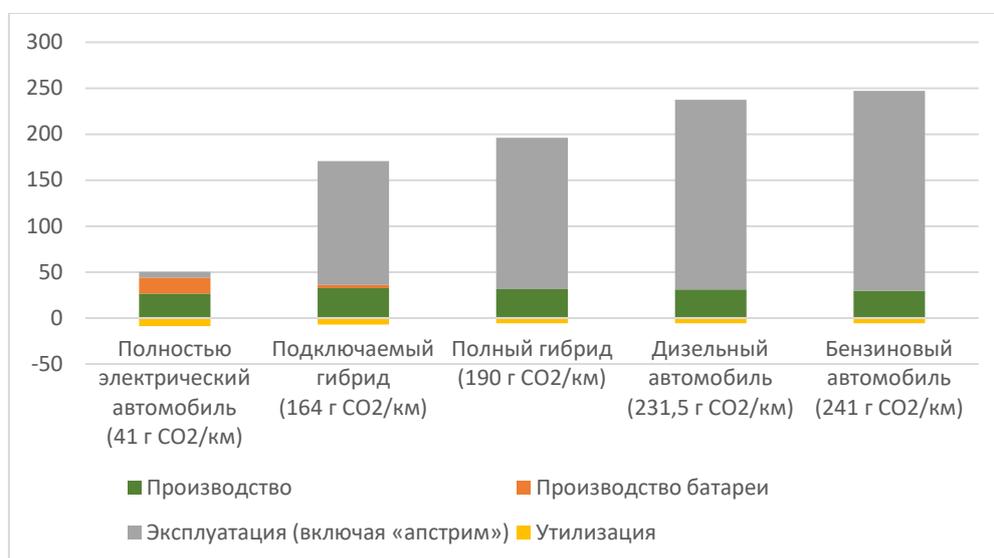
выбросов, указанных в таблице 2⁹⁸. Среди трудностей, возникающих при оценке объемов выбросов, выделяется проблема отсутствия национальных коэффициентов выбросов⁹⁹, которые необходимы для получения точных оценок¹⁰⁰.

Н. Хилл и др. также проранжировали публикации по этапам LCA. Самый популярный тип – анализ жизненного цикла топлива. На этап «от скважины до бака» приходится 38% от совокупного числа исследований, на этап «от бака до колеса» – около 30%. Производство и конец срока службы транспортных средств занимают третье и четвертое места соответственно. Меньше всего исследований посвящено транспортной инфраструктуре (заправочные и зарядные станции) и техобслуживанию¹⁰¹.

Выбросы парниковых газов

Аналитики *Transport & Environment* предложили онлайн-инструмент, позволяющий сравнивать выбросы CO₂ автомобилей с разными типами двигателей и из разных сегментов на протяжении жизненного цикла, или, другими словами, их углеродный след¹⁰².

Используя онлайн-инструмент, сравним углеродный след автомобилей с разными типами двигателей среднего размера в самом «чистом» из доступных сценариев (батарея производится в Швеции, автомобиль эксплуатируется в Швеции) и в самом «грязном» из сценариев, при котором батарея производится в Китае, а автомобиль эксплуатируется в Польше (Рисунок 6 и Рисунок 7).



⁹⁸ Hill N., Amaral S., Morgan-Price S. et al. Ibid.; Сияк Ю.В. Указ. раб.

⁹⁹ Коэффициент выбросов – удельные выбросы в расчете на единицу электроэнергии, массу сжигаемого топлива и т. п.

¹⁰⁰ Электромобили VS. Автомобили с ДВС. Климатические эффекты в РФ. – М.: Московский кредитный банк, 2022. – С. 21.

¹⁰¹ Hill N., Amaral S., Morgan-Price S. et al. Ibid. P. 7–8.

¹⁰² How clean are electric cars? // Transport & Environment. [Электронный ресурс] URL: <https://www.transportenvironment.org/discover/how-clean-are-electric-cars/> (дата обращения: 15.01.2023)

Рисунок 6 – Углеродный след автомобилей с разными типами двигателей («чистый» сценарий), г CO₂/км

Примечание: 1) Хотя в процессе переработки компонентов транспортного средства на этапе утилизации образуются выбросы, в итоге обеспечивается уменьшение углеродного следа, так как снижается потребность в добыче нового сырья. 2) К выбросам в «апстрим» относятся косвенные выбросы транспортных средств на этапе «от скважины до бака».

Источник: рассчитано и составлено автором по: How clean are electric cars? // Transport & Environment. [Электронный ресурс] URL: <https://www.transportenvironment.org/discover/how-clean-are-electric-cars/> (дата обращения: 15.01.2023)

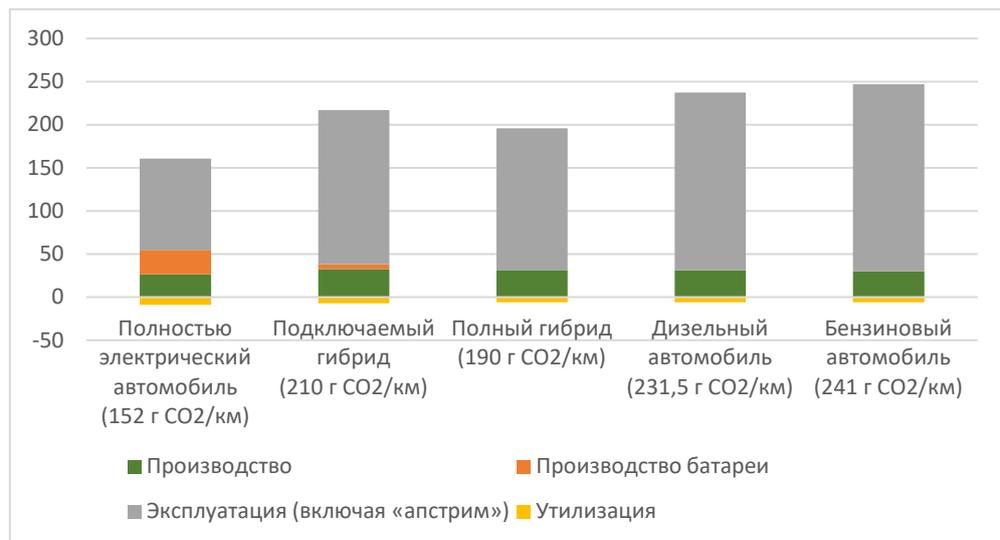


Рисунок 7 – Углеродный след автомобилей с разными типами двигателей («грязный» сценарий), г CO₂/км

Источник: рассчитано и составлено автором по: How clean are electric cars? // Transport & Environment. [Электронный ресурс] URL: <https://www.transportenvironment.org/discover/how-clean-are-electric-cars/> (дата обращения: 15.01.2023)

Как видно из рисунков, углеродный след полностью электрического автомобиля (BEV) самый низкий в любом из доступных сценариев. По сравнению с бензиновым автомобилем, углеродный след которого самый высокий, выбросы CO₂ в течение жизненного цикла BEV ниже в 5,9 раза в «чистом» сценарии и в 1,6 раза в «грязном» сценарии. Выбросы BEV также ниже, чем у подключаемого гибрида (PHEV): в 4 и 1,4 раза соответственно. Обращает на себя внимание, что в «грязном» сценарии выбросы PHEV выше, чем у полного гибрида (HEV). Полные гибриды за счет системы рекуперации энергии при торможении позволяют снижать расход топлива, поэтому их углеродный след меньше, чем у бензинового автомобиля в 1,3 раза.

Если рассматривать выбросы отдельно по стадиям жизненного цикла, то видно, что большая часть выбросов CO₂ всех типов автомобилей, кроме BEV, приходится на стадию эксплуатации. У BEV, наоборот, основная часть выбросов приходится на стадию производства.

В «чистом» сценарии около 90% выбросов BEV происходит на стадии производства (без учета утилизации), из них 65% связаны с изготовлением батареи. Выбросы BEV на этапе производства почти в 1,5 раза выше, чем у бензинового, дизельного, гибридного автомобилей, и в 1,2 раза выше, чем у подключаемого гибрида. Это обусловлено высокой энергоемкостью процесса производства аккумуляторной батареи.

Похожий онлайн-инструмент, но предназначенный для расчетов выбросов исключительно на стадии эксплуатации¹⁰³, есть на сайте Министерства энергетики США. Для использования онлайн-инструмента необходимо указать год покупки машины, модель и ZIP-код (почтовый индекс) локации в США¹⁰⁴.

Для сравнения со среднестатистическим новым американским бензиновым автомобилем мы выбрали среднеразмерные седаны Tesla Model 3 (BEV) и Volvo S90 (PHEV), которые эксплуатируются в штате Аризона, структура производства электроэнергии которого схожа с российской, и в штате Миссури, где 67,4% электроэнергии производится на угольных электростанциях¹⁰⁵. Результаты показали, что выбросы CO₂ на стадии эксплуатации BEV составляют 68 г/км и 118 г/км, PHEV – 168 г/км и 223 г/км и бензинового автомобиля – 255 г/км¹⁰⁶, что в целом соответствует величинам, полученным с помощью онлайн-инструмента *Transport & Environment*, если учитывать только фазу эксплуатации. Различия между величинами выбросов могут быть обусловлены несовпадением расходов топлива/электроэнергии и долей энергоресурсов в структуре генерации электричества.

Согласно исследованию Международного совета по чистому транспорту (ICCT), в котором учитываются выбросы не только CO₂, но и других парниковых газов (CH₄, N₂O), однако не рассматривается утилизация батарей, в 2021 г. совокупные выбросы парниковых газов в течение жизненного цикла нового среднеразмерного полностью электрического автомобиля были ниже выбросов от сопоставимого бензинового автомобиля на 64–67,5% (~ в 2,9 раза) в США и Европе, на 26,5–41% (~ в 1,5 раза) в Индии и Китае¹⁰⁷. Выбросы подключаемых гибридов зависят от того, как распределяется время использования электродвигателя и двигателя внутреннего сгорания при движении, а также от структуры производства электроэнергии в стране/регионе. Углеродный след подключаемых гибридов в

¹⁰³ Включая выбросы в «апстрим».

¹⁰⁴ Greenhouse Gas Emissions from Electric and Plug-In Hybrid Vehicles. Beyond Tailpipe Emissions Calculator // U.S. Department of Energy. [Электронный ресурс] URL: <https://www.fueleconomy.gov/feg/Find.do?action=bt2> (дата обращения: 16.01.2023)

¹⁰⁵ Power Profiler // U.S. Environmental Protection Agency. [Электронный ресурс] URL: <https://www.epa.gov/egrid/power-profiler#/ERCT> (дата обращения: 16.01.2023)

¹⁰⁶ Greenhouse Gas Emissions from Electric and Plug-In Hybrid Vehicles. Beyond Tailpipe Emissions Calculator // U.S. Department of Energy. [Электронный ресурс] URL: <https://www.fueleconomy.gov/feg/Find.do?action=bt2> (дата обращения: 16.01.2023)

¹⁰⁷ Bicker G. A global comparison of the life-cycle greenhouse gas emissions of combustion engine and electric passenger cars. – ICCT, 2021. – 81 p.

странах, где в электроэнергетике доминирует уголь, больше, чем у полных гибридов и практически сопоставим с углеродным следом бензиновых автомобилей. Например, в Китае углеродный след PHEV в среднем всего на 10% ниже, чем у бензиновых автомобилей. К 2030 г. повышение топливной эффективности бензиновых автомобилей может практически полностью лишить PHEV преимущества в плане более низких объемов выбросов парниковых газов, даже при условии увеличения запаса хода на электротяге и снижения углеродоемкости электроэнергетики¹⁰⁸.

Б. Тан и др. проанализировали влияние региональных особенностей структуры производства электроэнергии Китая и ее углеродоемкости на объемы выбросов CO₂ в течение жизненного цикла полностью электрических автомобилей и автомобилей с ДВС. Авторы отмечают, что выбросы CO₂ могут быть завышены до 75% в случае игнорирования изменений в результате декарбонизации электроэнергетики¹⁰⁹.

Рисунок 8 демонстрируют существенные различия в структуре производства электроэнергии между регионами и, соответственно, в удельных выбросах CO₂. Например, провинция Сычуань на юге Китая богата гидроэнергетическими ресурсами (доля гидроэнергии – 83,8%¹¹⁰), поэтому местный коэффициент выбросов CO₂ составляет 181 г CO₂/кВт-ч. Доля тепловой энергетики в провинции Шаньдун на востоке Китая составляет 92,5%, что обусловило высокий коэффициент выбросов – 924 г CO₂/кВт-ч, в 5 раз выше, чем в Сычуани¹¹¹.



¹⁰⁸ Bieker G. Ibid.

¹⁰⁹ Tang B. et al. Life Cycle Assessment of Battery Electric and Internal Combustion Engine Vehicles Considering the Impact of Electricity Generation Mix: A Case Study in China // Atmosphere, MDPI. – 2022. – Vol. 13. – № 2. – Pp. 1–23; Барабошкина А.В., Кудрявцева О.В. Оценка конкурентоспособности российского электромобиля как обоснование необходимости стимулирования рынка электромобилей в России. Указ. раб. С. 277.

¹¹⁰ Данные приведены за 2019 г.

¹¹¹ Tang B. et al. Ibid.

Рисунок 8 – Региональные диспропорции в удельных выбросах CO₂ электростанциями и структура производства электроэнергии в репрезентативных для каждого уровня (1–6) провинциях и автономных районах Китая, 2019 г.

Источник: Tang B. et al. Ibid. P. 12.

Результаты исследования показали, что в регионах с высокой долей теплоэнергетики выбросы CO₂ на жизненном цикле электромобилей превышают выбросы автомобилей с ДВС или практически совпадают. Во всех регионах, где доля теплоэнергетики составляет более 80%, углеродный след электромобилей либо выше (в 1,02–1,1 раза), либо чуть ниже углеродного следа традиционных автомобилей. Разница в пользу электромобилей не менее чем в 1,4 раза (максимально в 2,5 раза) наблюдается в регионах с долей ВИЭ и атомной энергии в структуре выработки электроэнергии не ниже 50%¹¹². В целом, в той или иной степени сокращение выбросов CO₂ благодаря распространению электромобилей может наблюдаться в 23 из 30 регионов¹¹³ (провинции, города центрального подчинения, автономные районы) Китая¹¹⁴.

Не только высокая доля в электроэнергетическом балансе, но и неэффективность тепловых электростанций (ТЭС) может являться фактором роста выбросов CO₂. Доля ископаемых видов топлива в провинции Ляонин (73,8%) ниже, чем в провинциях Хэнань (91,5%), Аньхой (95,2%) и г. Шанхай (98,8%), однако удельные выбросы CO₂/кВт-ч в Ляонине сравнительно выше, поэтому и углеродный след электромобилей в этой провинции также сравнительно выше.

Эффективность передачи электроэнергии также является фактором, влияющим на выбросы. Доля ископаемых видов топлива в генерации электроэнергии в городе Пекин (97,4%) ниже, чем в городе Тяньцзинь (98,4%), но удельные выбросы CO₂/кВт-ч в Пекине выше. Это связано с тем, что в Тяньцзине уровень потерь электроэнергии в сетях ниже (7,1% в Пекине и 2,7% в Тяньцзине)¹¹⁵.

Анализ выбросов по отдельным стадиям жизненного цикла показал следующие результаты. На стадии добычи и обработки материалов, которую авторы рассматривают отдельно от стадии производства транспортных средств¹¹⁶, выбросы CO₂ электромобилей выше, чем у автомобилей с ДВС в 1,9 раза. На стадии производства выбросы от электромобилей также

¹¹² Рассчитано автором по: Tang B. et al. Ibid

¹¹³ Авторы статьи не рассматривали Тибетский автономный район и специальные административные районы Гонконг (Сянган) и Макао (Аомынь/Аомэнь).

¹¹⁴ Барабошкина А.В., Кудрявцева О.В. Оценка конкурентоспособности российского электромобиля как обоснование необходимости стимулирования рынка электромобилей в России. Указ. раб. С. 278.

¹¹⁵ Tang B. et al. Ibid.

¹¹⁶ На стадии добычи и обработки материалов авторы не учитывали региональную составляющую, т. к. добычей руды в Китае занимается довольно ограниченный круг регионов.

выше: в 1,4–1,5 раза. На стадии эксплуатации косвенные выбросы CO₂ электромобилей ниже: минимально в 1,2 раза в регионах с очень высокой долей ТЭС и максимально в 8,9 раза в регионах с очень высокой долей ВИЭ. На стадии переработки материалов выбросы незначительны и практически идентичны (чуть ниже у электромобилей)¹¹⁷.

Л. Ян и др. оценили выбросы CO₂ на жизненном цикле BEV, PHEV, ICEV¹¹⁸ для Китая в целом и получили следующие средние значения: 187 г/км, 225,5 г/км и 228 г/км. Углеродный след электромобилей ниже, чем у автомобилей с ДВС в 1,2 раза, углеродный след подключаемых гибридов чуть ниже, чем у автомобилей с ДВС, но практически совпадает с ним. Авторы отмечают, что углеродный след электрического транспорта можно снизить за счет увеличения доли низкоуглеродных источников энергии в структуре выработки электричества, совершенствования технологий генерации энергии, снижения уровня потерь электроэнергии в сетях и увеличения срока службы аккумуляторных батарей¹¹⁹.

А.Ю. Колпаков и А.А. Галингер провели сравнительную оценку выбросов CO₂ легковых электромобилей и автомобилей с ДВС на 1 км пробега в течение жизненного цикла (без учета этапа утилизации батареи), опираясь на следующие тезисы:

- так как сопоставление проводится с новыми моделями электромобилей, то оптимальнее использовать величины расхода топлива новых моделей автомобилей с ДВС, а не средние значения по автопаркам стран, в которых присутствуют старые неэффективные модели;
- выбросы, связанные с производством батареи, следует разделять на две группы: обеспечение электроэнергией производства батареи и обеспечение электроэнергией производства материалов, используемых в процессе ее изготовления;
- для корректного определения величины пробега за жизненный цикл следует рассматривать расстояние, которое может пройти электромобиль без замены батареи. Большинство производителей дают гарантию на 8 лет или 160 тыс. км;
- авторы не рассчитывают выбросы на стадии утилизации батареи, так как при энергозатратах 17 кВт·ч на переработку одной батареи гидротермальным способом они крайне малы.

¹¹⁷ Рассчитано автором по: Tang B. et al. Ibid.

¹¹⁸ Internal combustion engine vehicle (ICEV) – автомобили с двигателем внутреннего сгорания (ДВС).

¹¹⁹ Yang L., Yu B., Yang B. et al. Ibid.

Результаты показали, что в то время, как в ряде стран, включая Россию, целесообразно использовать электромобили, в Индии, Китае и Японии их углеродный след оказался больше, чем у традиционных автомобилей¹²⁰.

Важно отметить, что при расчете углеродного следа бензинового автомобиля малого класса (без стадии утилизации) с помощью онлайн-инструмента *Transport & Environment* получается величина в 221 г CO₂/км, которая является *минимальной*. В исследовании А.Ю. Колпакова и А.А. Галингера *максимальный* объем суммарных выбросов бензинового автомобиля составляет 185 г CO₂/км в Китае. Такая разница может быть обусловлена тем, что, во-первых, аналитики *Transport & Environment* использовали средние значения расхода топлива, т. е. включили в модель устаревшие модели автомобилей с ДВС, во-вторых, учли большее количество процессов, образующих выбросы. Поэтому если использовать величину выбросов от бензинового автомобиля, равную 221 г CO₂/км, то с точки зрения снижения углеродного следа электромобиль будет нецелесообразно эксплуатировать только в Индии с учетом расчетов, проведенных А.Ю. Колпаковым и А.А. Галингером.

Оценку углеродного следа электромобилей и автомобилей с ДВС с использованием данных по углеродоемкости российской электроэнергетики провел Московский кредитный банк (МКБ). Выборка автомобилей для анализа была сформирована из 12 марок электромобилей (61 модель), которые включают 5 наиболее популярных немецких, американских и японских марок, используемых на дорогах России; 6 марок китайского, южнокорейского производства и 1 марку российского производства, которые уже начинают появляться на российских дорогах или появятся в ближайшем будущем. В противопоставление электромобилям в выборку также вошли 4 марки (топ-5 моделей по продажам в РФ) легковых автомобилей с ДВС. Специалисты МКБ сопоставили выбросы парниковых газов от электромобилей и автомобилей с ДВС при эксплуатации, определив косвенные выбросы электромобилей с учетом специфики энергобаланса и углеродоемкости генерации электроэнергии в России, и сравнили углеродный след электромобилей и традиционных автомобилей при различных значениях углеродного следа производства аккумуляторных батарей. Результаты показали, что если в России будет налажено производство электромобилей, то при средних по выборке значениях удельного потребления электроэнергии и емкости батареи углеродный след электромобилей будет ниже аналогичного показателя для автомобилей с ДВС в 1,6–1,8 раза в сценариях локализации производства с медианными европейским и китайским значениями углеродного следа производства АКБ и медианным

¹²⁰ Колпаков А.Ю., Галингер А.А. Экономическая эффективность распространения электромобилей и возобновляемых источников энергии в России // Вестник РАН. – 2020. – Т. 90. – № 2. – С. 128–139.

значением по данным ICCT¹²¹. Если провести аналогичное сравнение со среднемировым значением углеродного следа для автомобиля с ДВС в 250 г CO₂-экв./км¹²², то разрыв будет еще больше: в 2–2,3 раза¹²³. Это превышает рассчитанные ICCT показатели для электромобилей в Европе и США, но ниже соответствующих показателей для Китая и Индии^{124, 125}, а также ниже выбросов, рассчитанных А.Ю. Колпаковым и А.А. Галингером для России (143 г CO₂/км)¹²⁶, и выбросов в «грязном» сценарии *Transport & Environment* (152 г CO₂/км) (см. Рисунок 7).

Ю.В. Сияк с помощью модели GREET (*The Greenhouse gases, Regulated Emissions, and Energy use in Transportation Model*), разработанной Аргоннской национальной лабораторией (Argonne National Laboratory) Министерства энергетики США, рассчитал, помимо других показателей, выбросы парниковых газов на жизненном цикле транспортных средств¹²⁷ (Таблица 2).

Таблица 2 – Выбросы парниковых газов на жизненном цикле легкового транспорта с разными типами двигателей, г/км

	Автомобиль с ДВС	Электромобиль
CO ₂	266,301	143,52
CH ₄	0,519	0,295
N ₂ O	0,013	0,002
GHGs (CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O)	285,38	153,281

Источник: Сияк Ю.В. Указ. раб. С. 45.

Объем выбросов парниковых газов на жизненном цикле автомобиля с ДВС практически совпадает со значением, полученным ICCT для США: 254 г CO₂-экв./км (легковые автомобили со средним расходом топлива 7,8 л/100 км) и 312 г CO₂-экв./км (внедорожники со средним расходом топлива 9,7 л/100 км), среднее значение – 283 г CO₂-экв./км. Это обусловлено тем, что расход топлива автотранспортом в США в среднем выше, чем в других странах и регионах.

Что касается электромобилей, то указанный в таблице 2 объем выбросов CO₂ в расчете на 1 км ниже объема выбросов в «грязном» сценарии *Transport & Environment* (152 г CO₂/км) (см. Рисунок 7). Это может объясняться тем, что структура производства электроэнергии в США чище.

¹²¹ Электромобили VS. Автомобили с ДВС. Указ. раб.

¹²² Kudryavtseva O.V., Kurdin A.A. Prospects for low-carbon industrial policy: The case of Russia // *Global Challenges of Climate Change*. – 2023. – Vol. 2. – P. 257.

¹²³ Электромобили VS. Автомобили с ДВС. Указ. раб. С. 19.

¹²⁴ Bicker G. Ibid.

¹²⁵ Барабошкина А.В., Кудрявцева О.В. Экстернальные издержки от автомобильного транспорта в контексте перехода к низкоуглеродной экономике: российский опыт. Указ. раб. С. 144–145.

¹²⁶ Колпаков А.Ю., Галингер А.А. Указ. раб. С. 133.

¹²⁷ Сияк Ю.В. Указ. раб.

В целом, как видно из таблицы 2, выбросы парниковых газов на жизненном цикле автомобиля с ДВС выше, чем у электромобиля.

Оценки, полученные с помощью онлайн-инструментов, и результаты рассмотренных исследований сведены в таблицу 3.

Таблица 3 – Оценки выбросов парниковых газов (преимущественно CO₂) от электромобилей и автомобилей с ДВС в различных исследованиях

	Электромобиль (ЭМ)	Автомобиль с ДВС (бензиновый)	Разница в выбросах
Transport & Environment Углеродный след («чистый» сценарий)	41 г/км	241 г/км	в 5,9 раза
Transport & Environment Углеродный след («грязный» сценарий)	152 г/км	241 г/км	в 1,6 раза
Transport & Environment Производство («чистый» сценарий)	44 г/км	29,8 г/км	в 1,5 раза меньше у автомобилей с ДВС
Transport & Environment Производство («грязный» сценарий)	54,7 г/км	29,8 г/км	в 1,8 раза меньше у автомобилей с ДВС
Transport & Environment Эксплуатация (+ «апстрим») («чистый» сценарий)	6,2 г/км	217,3 г/км	в 35,1 раза
Transport & Environment Эксплуатация (+ «апстрим») («грязный» сценарий)	105,8 г/км	217,3 г/км	в 2,1 раза
Минэнерго США Эксплуатация (+ «апстрим») (Аризона – структура генерации, схожая с российской)	68 г/км	255 г/км	в 3,8 раза
Минэнерго США Эксплуатация (+ «апстрим») (Миссури – доля угля в генерации ~ 70%)	118 г/км	255 г/км	в 2,2 раза
ICCT Углеродный след (Европа и США)	в 2,9 раза		
ICCT Углеродный след (Китай и Индия)	в 1,5 раза		

Китай (Б. Тан и др.) Углеродный след (регионы с долей ТЭС > 80%)	либо в 1,02–1,1 раза меньше у автомобилей с ДВС, либо выбросы практически совпадают		
Китай (Б. Тан и др.) Углеродный след (регионы с долей ВИЭ и атомной энергии не менее 50%)	в 1,4–2,5 раза		
Китай (Б. Тан и др.) Добыча и обработка материалов	в 1,9 раза меньше у автомобилей с ДВС		
Китай (Б. Тан и др.) Производство	в 1,4–1,5 раза меньше у автомобилей с ДВС		
Китай (Б. Тан и др.) Эксплуатация	в 1,2–8,9 раза		
Китай (Л. Ян и др.) Углеродный след	187 г/км	228 г/км	в 1,2 раза
А.Ю. Колпаков и А.А. Галингер Углеродный след (Россия)	143 г/км	169 г/км	в 1,2 раза
МКБ Углеродный след (Россия)	111–126 г/км	198 г/км	в 1,6–1,8 раза
Синяк Ю.В. Углеродный след (CO ₂) Данные США	266,301 г/км	143,52 г/км	в 1,9 раза
Синяк Ю.В. Углеродный след Парниковые газы (CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O) Данные США	285,38 г/км	153,281 г/км	в 1,9 раза

Источник: составлено автором

Выбросы парниковых газов в процессе производства и утилизации батареи

Выбросы парниковых газов при производстве типичной литий-ионной батареи варьируются от 65 до 100 кг CO₂-экв./кВт-ч в зависимости от того, производится ли батарея за счет электроэнергии из относительно чистой европейской сети или же из китайской энергосистемы с высокой долей угля. Это добавляет к выбросам в процессе производства электромобиля с типичной емкостью аккумулятора 45 кВт-ч дополнительные 3–5 т CO₂-экв., в то время как на этапе производства традиционного автомобиля в сумме эмитируется 7 т CO₂-экв. Таким образом, производство электромобиля становится примерно в 1,5 раза более углеродоемким, чем создание аналогичного транспортного средства с ДВС. Эта величина

разрыва в объемах выбросов соответствует рассмотренным выше оценкам. Ожидается, что климатическое воздействие производства батарей уменьшится на треть к 2030 г. Если принимать во внимание дальнейший прогресс в области переработки и повторного использования батарей, то выбросы парниковых газов, связанные с батареями, могут снизиться еще больше¹²⁸.

Хотя выбросы на этапе утилизации батареи незначительны, ряд авторов отмечают важность таких расчетов. Согласно К. Айчбергеру и Г. Юнгмейеру, всего 16 из проанализированных ими 50 публикаций включали в исследование этап утилизации. Это можно объяснить недостаточным количеством соответствующих данных. В целом, в рамках анализа жизненного цикла металлы чаще всего упоминаются как наиболее важные материалы для переработки. В частности, подчеркивается, что переработка катодных материалов, таких как кобальт, никель, алюминий, имеет значительные экологические выгоды. Как уже упоминалось выше, использование вторичного сырья может снизить воздействие на окружающую среду за счет сокращения добычи первичного¹²⁹.

Только в одном исследовании описано повторное использование батареи в качестве накопителя для возобновляемых источников энергии после окончания ее использования в электромобиле. Дж. Нейбауэр и др. отмечают, что выброшенные аккумуляторы сохраняют 70% первоначальной емкости после 15 лет службы, срок которой может быть увеличен еще на 10 лет при хороших условиях. По мнению авторов, предоставление услуг по снижению пиковой нагрузки может продлить срок службы батареи при повторном использовании, поскольку это означает меньшее количество циклов зарядки в день (менее одного) и более длительный период разрядки по сравнению с использованием в электромобилях. С другой стороны, хотя такой подход решает проблему отходов, он не решает проблемы снижения добычи металлических ресурсов в целях производства новых батарей для электромобилей¹³⁰.

Переработка аккумуляторных батарей, в целом, приводит к уменьшению выбросов парниковых газов. Медианная выгода от переработки составляет около 20 кг CO₂-экв./кВт-ч при сопоставлении объемов выбросов парниковых газов в процессе переработки батареи и при добыче и обработке первичного сырья (Рисунок 9).

¹²⁸ Five things you know about electric vehicles that aren't exactly true // ICCT. [Электронный ресурс] URL: <https://theicct.org/stack/explaining-evs/> (дата обращения: 15.09.2022)

¹²⁹ Aichberger C., Jungmeier G. Environmental Life Cycle Impacts of Automotive Batteries Based on a Literature Review // Energies, MDPI. – 2020. – Vol. 13. – № 23. – Pp. 1-27.

¹³⁰ Neubauer J., Smith K., Wood E., Pesaran, A. Identifying and Overcoming Critical Barriers to Widespread Second Use of PEV Batteries. – Golden, CO, USA: National Renewable Energy Laboratory (NREL), 2015. – 81 p.

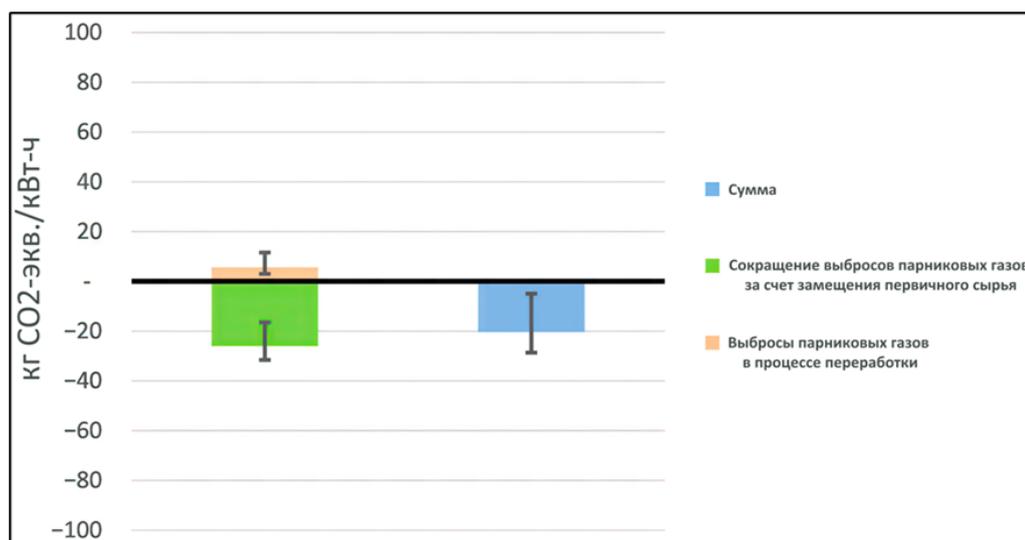


Рисунок 9 – Выбросы парниковых газов в процессе переработки батареи и их сокращение как результат замены первичного сырья на вторичное (базируются на медиане, 0,25-квантиле, 0,75 квантиле)

Источник: Aichberger C., Jungmeier G. Ibid. P. 14.

Выбросы загрязняющих воздух веществ

Оценки объемов загрязняющих воздух веществ встречаются в литературе гораздо реже.

Л. Ян и др. оценили выбросы не только парниковых газов, но и загрязняющих веществ (VOC, NO_x, PM_{2.5}, SO₂) на жизненном цикле полностью электрических автомобилей, подключаемых гибридов и автомобилей с ДВС в Китае, меняя расход топлива/электроэнергии транспортных средств и емкость аккумуляторной батареи. Общий вывод заключается в том, что BEV и PHEV на жизненном цикле в среднем¹³¹ эмитируют меньше VOC и NO_x, чем ICEV. BEV в среднем эмитирует больше твердых частиц PM_{2.5}, чем ICEV, и больше SO₂, чем ICEV и PHEV¹³². Это может быть связано с тем, что основной объем выбросов PM_{2.5} и особенно SO₂ происходит на электростанциях. Также в расчетах могли учитываться выбросы PM_{2.5} невыхлопного происхождения. Важно отметить, что выбросы загрязняющих веществ от электростанций осуществляются не на уровне дыхания людей (как от дорожного транспорта), а из высоких труб, что обеспечивает их рассеивание и существенное снижение концентраций на уровне дыхания людей¹³³, а значит они наносят меньший урон здоровью.

Представим средние значения выбросов загрязняющих веществ в расчете на 1 км в виде таблицы (Таблица 4).

¹³¹ В базовом сценарии расход электроэнергии BEV составляет 13,8 кВт-ч/100 км; расход электроэнергии и топлива PHEV – 21,6 кВт-ч/100 км и 4,6 л/100 км соответственно, расход топлива ICEV – 5,8 л/100 км. Емкость батареи BEV – 40 кВт-ч, PHEV – 10 кВт-ч.

¹³² Yang L., Yu B., Yang B. et al. Ibid.

¹³³ Доклад «О состоянии окружающей среды в городе Москве в 2021 году» / Под ред. А.О. Кульбачевского. – Москва, 2022. – 234 с.

Таблица 4 – Средние значения выбросов загрязняющих воздух веществ на жизненном цикле BEV, PHEV и ICEV, г/км

	VOC	NO _x	PM2.5	SO ₂
BEV	0,193	0,159	0,042	0,344
PHEV	0,213	0,171	0,0295	0,255
ICEV	0,255	0,173	0,0165	0,165

Источник: рассчитано автором по: Yang L., Yu B., Yang B. et al. P. 7–9.

Авторы статьи сравнили свои результаты и результаты, полученные в других исследованиях, и отметили, что различия во многом могут быть обусловлены отличными друг от друга показателями эффективности работы транспортных средств¹³⁴ (*vehicle efficiency*) и коэффициентами выбросов (*emission factors*). Так, например, выбросы SO₂ от электромобилей на стадии «от скважины до колеса», рассчитанные в работе Я. У и Л. Чжана, оказались в 3,7 раз выше, чем в рассматриваемом исследовании¹³⁵. Это связано с тем, что Я. У и Л. Чжан использовали сравнительно более высокие коэффициенты выбросов SO₂ (в расчете на 1 кВт-ч), но они больше не соответствуют текущей ситуации в Китае, так как в последние годы страна строго придерживается использования технологий сероочистки на угольных электростанциях¹³⁶.

Кроме вышеупомянутых парниковых газов, в работе Ю.В. Синяка были рассчитаны объемы выбросов шести загрязняющих воздух веществ на жизненном цикле автомобилей с разными типами двигателей. Представим их в виде таблице (Таблица 5).

Таблица 5 – Выбросы загрязняющих воздух веществ на жизненном цикле легкового автотранспорта с разными типами двигателей, г/км

	Автомобиль с ДВС	Электромобиль
CO	1,809	0,138
VOC	0,350	0,182
NO _x	0,203	0,115
SO _x	0,155	0,383
PM10	0,033	0,040
PM2.5	0,017	0,016

Источник: Синяк Ю.В. Указ. раб. С. 45.

¹³⁴ Эффективность работы транспортного средства обычно описывается с точки зрения расхода топлива (электроэнергии). Расход топлива (электроэнергии) является величиной, обратной экономии топлива (электроэнергии), которая также может использоваться для характеристики работы транспортного средства.

¹³⁵ Wu Y., Zhang L. Can the development of electric vehicles reduce the emission of air pollutants and greenhouse gases in developing countries? // Transportation Research Part D: Transport and Environment. – 2017. – Vol. 51. – Pp. 129–145; Yang L., Yu B., Yang B. et al. Ibid.

¹³⁶ Yang L., Yu B., Yang B. et al. Ibid.

В отличие от значений, полученных Л. Яном и др.¹³⁷, в работе Ю.В. Синяка выбросы PM_{2.5} электромобилей на жизненном цикле ниже, чем у автомобилей с ДВС, но незначительно. С другой стороны, выбросы PM₁₀, которые не были рассчитаны в рамках исследования Л. Яна и др., наоборот, выше. Существенная разница в выбросах CO электромобилей и традиционных автомобилей может быть обусловлена тем, что основная масса выбросов CO образуется в процессе сжигания топлива, прежде всего в двигателях машин¹³⁸. Выбросы VOC и NO_x в обеих публикациях ниже в случае электромобилей: в 1,3 и 1,9 раза, 1,1 и 1,8 раза соответственно, выбросы SO_x (в основном выбросы SO_x представлены SO₂) – выше в 2,1 и 2,5 раза¹³⁹.

Выбросы, не связанные с выхлопными газами (невыхлопного происхождения)

Выбросы, не связанные с выхлопными газами, образуются в результате износа тормозов и шин, стирания дорожного покрытия и ресуспензии (вторичного подъема) дорожной пыли¹⁴⁰.

Объем выбросов PM₁₀ не из выхлопных газов, образующихся при движении легковых электромобилей с запасом хода около 100 миль (161 км), примерно на 18–19% меньше, чем от традиционных автомобилей; объем выбросов PM_{2.5} – на 11–13% меньше. В случае с более тяжелыми электромобилями с запасом хода в 300 миль (483 км) и более выбросов PM₁₀ меньше на 4–7%, а выбросов PM_{2.5} – на 3–8% больше¹⁴¹. Таким образом, по мере роста рынка электротранспорта выбор потребителями электромобилей с большим запасом хода и больших габаритов может привести к увеличению выбросов PM_{2.5} невыхлопного происхождения.

В результате сопоставления воздействия электромобилей и автомобилей с ДВС на человека и окружающую среду нами выделено пять видов экологических экстерналий: загрязнение атмосферного воздуха, выбросы парниковых газов, шумовое загрязнение, истощение ресурсов и образование отходов. В таблице 6 сформулированы определения перечисленных экстерналий и раскрыты их ключевые особенности применительно к электромобилям в сравнении с традиционными автомобилями.

Таблица 6 – Экологические экстерналии электромобилей, выявленные при их сопоставлении с автомобилями с ДВС

¹³⁷ Yang L., Yu B., Yang B. et al. Ibid.

¹³⁸ Анопченко Л.Ю. Экология: учеб. пособие / Л.Ю. Анопченко, Е.И. Баранова, И.И. Бочкарева. – Новосибирск: СГУГиТ, 2016. – 158 с.

¹³⁹ Рассчитано автором по: Yang L., Yu B., Yang B. et al. Ibid.; Синяк Ю.В. Указ. раб.

¹⁴⁰ Transportation Cost and Benefit Analysis II – Air Pollution Costs. Ibid.; Non-exhaust Particulate Emissions from Road Transport: An Ignored Environmental Policy Challenge (Highlights). Ibid.

¹⁴¹ Non-exhaust Particulate Emissions from Road Transport: An Ignored Environmental Policy Challenge (Highlights). Ibid. P. 7.

Экстернальный эффект	Определение	Особенности
Загрязнение атмосферного воздуха	Издержки, связанные с ущербом здоровью человека, биоразнообразию, экосистемам, материальным объектам от веществ, загрязняющих воздух на локальном и региональном уровнях.	<ul style="list-style-type: none"> - Прямые выбросы загрязняющих веществ при эксплуатации электромобилей практически отсутствуют (за исключением выбросов твердых частиц невыхлопного происхождения). - Прямые выбросы парниковых газов при эксплуатации электромобилей отсутствуют. - Объем косвенных выбросов при эксплуатации электромобилей (возникают при генерации электроэнергии на электростанциях, которая используется для зарядки электромобилей) сильно зависит от структуры выработки электроэнергии. Использование угля в качестве основного топлива, высокий уровень потерь электроэнергии в сетях, устаревшие технологии генерации существенно увеличивают выбросы.
Выбросы парниковых газов	Издержки, связанные с негативным воздействием выбросов парниковых газов и, соответственно, изменением климата, на глобальном уровне.	<ul style="list-style-type: none"> - Производство электромобилей характеризуется большим объемом выбросов, что обусловлено энергоемким производством аккумуляторных батарей. - Переработка аккумуляторных батарей позволяет снизить выбросы на жизненном цикле электромобилей. Это связано с уменьшением негативного воздействия электромобилей за счет использования вторичного сырья в процессе производства транспортного средства вместо добычи и обработки первичного сырья.
Шумовое загрязнение	Издержки, связанные с дискомфортом, вызванным шумом, или вредом от шума для здоровья человека.	<ul style="list-style-type: none"> - Распространение электромобилей может уменьшить уровень шума в городе, но только там, где средняя скорость транспортных средств сравнительно невысокая. Это связано с тем, что при высоких скоростях преобладает шум шин, дороги и ветра, а не шум двигателя.

Истощение ресурсов	Издержки для будущих поколений, связанные с чрезмерным потреблением невозобновляемых ресурсов (ископаемое топливо, редкие металлы и т. п.).	<ul style="list-style-type: none"> - Воздействие электромобилей на истощение металлических ресурсов выше, чем у автомобилей с ДВС. - Потребление топливно-энергетических ресурсов в случае электромобилей ниже и существенно меняется в зависимости от структуры генерации электроэнергии.
Образование отходов	Издержки, связанные с загрязнением воды и почвы.	<ul style="list-style-type: none"> - У электромобилей меньше деталей, чем в автомобилях с ДВС, и, соответственно, меньше компонентов, подлежащих утилизации, также отсутствует риск утечки нефтепродуктов. - В то же время остро стоит проблема утилизации батарей. Технологический прогресс и развитие их переработки и повторного использования будут способствовать сокращению объемов отходов.

Источник: составлено автором

1.3. Подходы к экономической оценке экстерналий издержек, связанных с выбросами парниковых газов и загрязняющих воздух веществ¹⁴²

Для оценки экстерналий издержек, связанных с выбросами парниковых газов и, соответственно, изменением климата, применяются два основных подхода: экономическая оценка ущерба (*damage cost approach*) и экономическая оценка затрат на предотвращение/смягчение негативных воздействий от выбросов (*avoidance/abatement/mitigation cost approach*). Первый способ предполагает оценку каждого эффекта (например, повышение уровня моря и затопление прибрежных территорий; разрушение экосистем; ущерб здоровью людей как следствие повышения температуры окружающей среды и т. д.), вызванного климатическими изменениями, и последующее их суммирование. Второй способ концентрируется на затратах, необходимых для предотвращения последствий изменения климата в желаемой степени (например, опираясь на установленные цели климатической политики). Сюда можно отнести затраты на сокращение выбросов,

¹⁴² При написании данного раздела были использованы материалы опубликованных статей: Барабошкина А.В. Сравнительная оценка конкурентоспособности и экстерналий издержек электромобиля и автомобиля с двигателем внутреннего сгорания (на примере города Москвы) // Экономика и управление. – 2023. – Т. 29. – № 4. – С. 423–434; Барабошкина А.В., Кудрявцева О.В. Оценка конкурентоспособности российского электромобиля как обоснование необходимости стимулирования рынка электромобилей в России // Russian Journal of Economics and Law. – 2023. – Т. 17. – № 2. – С. 269–288; Барабошкина А.В., Кудрявцева О.В. Экстерналии издержек от автомобильного транспорта в контексте перехода к низкоуглеродной экономике: российский опыт // Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика. – 2023. – Т. 58. – № 3. – С. 137–156.

технологии улавливания и хранения углерода и т. п.¹⁴³ Согласно большому количеству исследований, для оценки экстерналийных издержек, связанных с выбросами парниковых газов, рекомендуется использовать *avoidance cost approach*¹⁴⁴.

Во-первых, разброс результатов в исследованиях, использующих *avoidance cost approach* для оценки издержек, связанных с изменением климата, значительно меньше, чем в исследованиях, опирающихся на *damage cost approach*. Согласно Т. Литману, при применении *damage cost approach* оценки ущерба могут отличаться более чем на три порядка: от чуть меньше 0 (при анализе «затраты-выгоды») до 1000 фунтов стерлингов за тонну CO₂-экв. Такой разброс обусловлен разнообразием учитываемых воздействий, ставок дисконтирования, допущений относительно темпов экономического роста и другими факторами. При применении же первого подхода оценки, как правило, отличаются «только» на два порядка¹⁴⁵.

Во-вторых, многообразие и масштабы возможных климатических изменений не позволяют учесть все возможные негативные последствия и оценить их количественно.

В-третьих, при применении *damage cost approach* есть вероятность недоучета мер по адаптации и смягчению последствий климатических изменений, которые потенциально способны снизить размер ущерба. Весомым аргументом в пользу выбора *avoidance cost approach* является принятие Парижского соглашения и установление конкретных целей по снижению выбросов¹⁴⁶. Примером может являться целевой показатель, принятый созданной в 2015 г. коалицией «Ниже 2°C», которая объединяет 205 субнациональных образований из 43 стран: сокращение выбросов парниковых газов к 2050 г. на 80–95 % по сравнению с 1990 г. или до уровня не более 2 тонн CO₂-экв. на душу населения¹⁴⁷. Цели, подкрепленные обязательными для исполнения мерами, обеспечивают более высокую точность оценок при использовании данного подхода¹⁴⁸.

С другой стороны, Т. Сандквист отмечает, что ситуация постоянно меняется: появляются новые данные, технологии, происходят изменения в государственной политике и общественных

¹⁴³ Litman T. Climate Change Emission Valuation for Transportation Economic Analysis. – Victoria Transport Policy Institute. – 2012. – 36 p.

¹⁴⁴ Handbook on the external costs of transport: version 2019 – 1.1. Ibid.; Environmental Prices Handbook 2017. Methods and numbers for valuation of environmental impacts / S. de Bruyn, S. Ahdour, M. Bijleveld et al. – Delft: CE Delft, 2018. – 176 p.; Барабошкина А.В., Кудрявцева О.В. Оценка конкурентоспособности российского электромобиля как обоснование необходимости стимулирования рынка электромобилей в России. Указ. раб.

¹⁴⁵ Litman T. (2012). Ibid.; Барабошкина А.В., Кудрявцева О.В. Оценка конкурентоспособности российского электромобиля как обоснование необходимости стимулирования рынка электромобилей в России. Указ. раб.; Барабошкина А.В., Кудрявцева О.В. Экстерналии издержки от автомобильного транспорта в контексте перехода к низкоуглеродной экономике: российский опыт. Указ. раб.

¹⁴⁶ Барабошкина А.В., Кудрявцева О.В. Оценка конкурентоспособности российского электромобиля как обоснование необходимости стимулирования рынка электромобилей в России. Указ. раб.

¹⁴⁷ Юлкин М. Парижское соглашение: трудности перевода // RenEn. [Электронный ресурс] URL: <https://renen.ru/the-paris-agreement-the-difficulties-of-translation/> (дата обращения: 15.02.2022)

¹⁴⁸ Handbook on the external costs of transport: version 2019 – 1.1. Ibid.

предпочтениях, поэтому затраты, рассчитанные на основе *avoidance cost approach*, нуждаются в регулярном пересмотре¹⁴⁹. Также в обоих случаях существует проблема корректного расчета издержек с учетом специфики выбросов отличных от CO₂ парниковых газов (метан и закись азота)¹⁵⁰.

В-четвертых, отсутствует определенность в выборе ставке дисконтирования. Ставка дисконтирования существенно влияет на результаты при долгосрочном планировании. 1 млн долларов при ставке дисконтирования 8% через 100 лет будет равен всего 455 долларам. Поэтому при высокой ставке дисконтирования даже катастрофический ущерб будущим поколениям будет стоить очень мало. Применение традиционных ставок дисконтирования подразумевает, что рыночные блага могут выступать в качестве замены экологическим, но большинство ученых считают, что необходимо придерживаться такого взгляда на понимание устойчивости, при котором рыночные блага практически не могут заменить экологические¹⁵¹.

Значительная часть выгод от сокращения выбросов сейчас заключается в том, чтобы избежать потенциально серьезного ущерба от изменения климата через несколько десятилетий¹⁵². Разнообразие возможных ставок дисконтирования отражает теоретические проблемы оценки, связанные со справедливостью, необратимостью и неопределенностью.

С *damage cost approach* и выбором ставки дисконтирования напрямую связано понятие социальной стоимости углерода (*Social Cost of Carbon, SCC*). Социальная стоимость углерода представляет собой экономическую оценку ущерба, вызванного выбросом в атмосферу одной дополнительной тонны диоксида углерода (CO₂)¹⁵³. Другими словами, это изменение в дисконтированной стоимости экономического благосостояния, вызванного выбросом дополнительной тонны CO₂¹⁵⁴. В литературе в основном представлены оценки социальной стоимости углерода, но встречаются и оценки социальной стоимости других парниковых газов, таких как метан, закись азота. Социальная стоимость углерода крайне чувствительна к изменению ставки дисконтирования. В работе лауреата Нобелевской премии по экономике У. Нордхауса «*Пересмотр социальной стоимости углерода*» сказано, что к 2030 г. SCC при ставке дисконтирования 2,5% составит 164,6 долл. за тонну CO₂, тогда как при ставке 5% – всего 29,1

¹⁴⁹ Sundqvist T. What causes the disparity of electricity externality estimates? // *Energy Policy*. – 2004. – Vol. 32. – Pp. 1753–1766; Барабошкина А.В., Кудрявцева О.В. Оценка конкурентоспособности российского электромобиля как обоснование необходимости стимулирования рынка электромобилей в России. Указ. раб.

¹⁵⁰ Handbook on the external costs of transport: version 2019 – 1.1. Ibid.

¹⁵¹ Litman T. (2012). Ibid. P. 10.

¹⁵² Stern N., Stiglitz J.E. Getting the Social Cost of Carbon Right // Project Syndicate. [Электронный ресурс] URL: <https://www.project-syndicate.org/commentary/biden-administration-climate-change-higher-carbon-price-by-nicholas-stern-and-joseph-e-stiglitz-2021-02> (дата обращения: 15.02.2022)

¹⁵³ Watkiss P. The Social Cost of Carbon. – OECD, 2006. – 9 p.

¹⁵⁴ Nordhaus W.D. Revisiting the social cost of carbon // *PNAS*. – 2016. – Vol. 114. – № 7. – Pp. 1518–1523.

долл. за тонну CO₂ (в ценах 2010 г.)¹⁵⁵. По последним оценкам Агентства по охране окружающей среды США, SCC при ставках дисконтирования 2,5%, 2% и 1,5% к 2030 г. составит 140, 230 и 380 долл. за тонну CO₂ соответственно (в ценах 2020 г.)¹⁵⁶.

В-пятых, такие экономико-психологические понятия, как неприятие риска (*risk aversion*) и неприятие потерь (*loss aversion*), не учитываются должным образом при применении *damage cost approach*. Люди могут скорее предпочесть более дорогостоящий путь, где существует меньше рисков и неопределенности. Поскольку люди чувствительны к потерям, может иметь место сверхкомпенсация потерь, связанных с изменением климата. Применение *avoidance cost approach* решает эту проблему, но только при принятии допущения, что решения относительно целей по снижению выбросов были приняты с учетом возможных рисков¹⁵⁷.

В-шестых, *avoidance cost approach* широко применяется для установления цены на углерод, например, в рамках такого инструмента климатической политики как система торговли квотами/разрешениями на выбросы¹⁵⁸.

В «Руководстве по экстермальным издержкам транспорта», подготовленном компанией CE Delft по заказу Европейской комиссии, представлены методологические практики и детальные оценки различных категорий экстеральных издержек транспорта. В «Руководстве» приводятся оценки затрат на предотвращение выбросов парниковых газов (CO₂, CH₄, N₂O), выраженные в CO₂-эквиваленте, в кратко-и среднесрочном и долгосрочном периодах, которые базируются на соответствующих величинах, обнаруженных в большом массиве проанализированных авторами исследований. Центральная оценка составляет 100 евро/т CO₂-экв. на горизонте до 2030 г. и основана на цели Парижского соглашения по удержанию прироста глобальной средней температуры в пределах 1,5–2°C по отношению к соответствующему показателю доиндустриальной эпохи. Издержки варьируются в зависимости от масштаба сокращения выбросов. Минимальная оценка – 60 евро/т CO₂-экв. Максимальная оценка основана на более амбициозных целях по уменьшению объемов выбросов и, соответственно, необходимости принимать более затратные меры, чтобы предотвратить эмиссию каждой дополнительной тонны парниковых газов, и составляет 189 евро/т CO₂-экв.¹⁵⁹ (Таблица 7).

¹⁵⁵ Nordhaus W.D. Ibid. P. 1520.

¹⁵⁶ Report on the Social Cost of Greenhouse Gases: Estimates Incorporating Recent Scientific Advances. – U.S. Environmental Protection Agency, 2022. – P. 3; Барабошкина А.В. Сравнительная оценка конкурентоспособности и экстеральных издержек электромобиля и автомобиля с двигателем внутреннего сгорания (на примере города Москвы). Указ. раб. С. 427.

¹⁵⁷ Handbook on the external costs of transport: version 2019 – 1.1. Ibid.

¹⁵⁸ The Value of Carbon in Decision-Making: The Social Cost of Carbon and the Marginal Abatement Cost // Sustainable Prosperity. – Ottawa: University of Ottawa, 2011. – 16 p.

¹⁵⁹ Handbook on the external costs of transport: version 2019 – 1.1. Ibid. P. 77–78; Барабошкина А.В., Кудрявцева О.В. Экстеральные издержки от автомобильного транспорта в контексте перехода к низкоуглеродной экономике: российский опыт. Указ. раб. С. 147.

Таблица 7 – Затраты на предотвращение выбросов парниковых газов, евро/т CO₂-экв., в ценах 2016 г.

	Нижняя оценка	Центральная оценка	Верхняя оценка
Кратко- и среднесрочная перспектива (до 2030 г.)	60	100	189
Долгосрочная перспектива (2040–2060 гг.)	156	269	498

Источник: Handbook on the external costs of transport: version 2019 – 1.1. Ibid. P. 78.

Центральная оценка на кратко-и среднесрочную перспективу близка к цене на углерод в Европейской системе торговли квотами на выбросы (EU ETS), которая в феврале 2023 г. превысила отметку в 100 евро/т CO₂-экв.¹⁶⁰ Ожидается, что в 2023 г., 2024 г., 2025 г. среднее значение цены будет составлять примерно 86 евро/т CO₂-экв., 96 евро/т CO₂-экв. и 105 евро/т CO₂-экв. соответственно¹⁶¹. В Китае в рамках национальной системы торговли квотами на выбросы цена на углерод значительно ниже – 8 долл./т CO₂-экв.¹⁶²

Для экономической оценки выбросов загрязняющих воздух веществ, наоборот, обычно применяется *damage cost approach*¹⁶³.

Широко используемым в современной мировой практике подходом для определения денежного эквивалента ущерба от негативных экологических воздействий является «Метод пути воздействия» (Impact pathway approach, IPA)¹⁶⁴. IPA применялся во многих исследовательских проектах, таких как: ExternE («Экстернальные издержки энергетики», 1990-е – 2005 гг.), HEATCO («Развитие гармонизированных европейских подходов к издержкам, связанным с транспортом, и оценке проектов», 2004–2006 гг.), NEEDS («Разработка вопросов,

¹⁶⁰ EU Carbon Permits // Trading Economics. [Электронный ресурс] URL: <https://tradingeconomics.com/commodity/carbon> (дата обращения: 15.05.2023)

¹⁶¹ Analysts raise EU carbon price forecasts after reform agreement // Reuters. [Электронный ресурс] URL: <https://www.reuters.com/business/sustainable-business/analysts-raise-eu-carbon-price-forecasts-after-reform-agreement-2023-04-28/> (дата обращения: 15.05.2023)

¹⁶² Carbon Pricing Dashboard // The World Bank. [Электронный ресурс] URL: https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/map_data (дата обращения: 15.05.2023)

¹⁶³ Environmental Prices Handbook 2017. Methods and numbers for valuation of environmental impacts. Ibid.

¹⁶⁴ Бобылев С.Н., Сидоренко В.Н., Сафонов Ю.В., Авалиани С.Л., Струкова Е.Б., Голуб А.А. Макроэкономическая оценка издержек для здоровья населения России от загрязнения окружающей среды. – М.: Институт Всемирного Банка, Фонд защиты природы, 2002. – 32 с.; Jensen S.S., Willumsen E., Brandt J., Kristensen N.B. Evaluation of exposure factors applied in marginal external cost analysis of transportation related air pollution // Transportation Research Part D: Transport and Environment. – 2008. – Vol. 13. – № 4. – Pp. 255-273; Nerhagen L., Bergström R., Forsberg B. et al. Measuring the external health cost of particulate matter from road traffic and other sources in Stockholm, Sweden // Working Papers. – 2010. – Pp. 1-13; Delucchi M.A. Ibid.

связанных с экстерналиями новой энергетики, в целях достижения устойчивости», 2004–2009 гг.), SAFE CBA (Анализ «затраты-выгоды» в рамках программы «Чистый воздух для Европы», 2005–2006 гг.) и других¹⁶⁵.

Методологически ИРА представляет собой подход «снизу вверх» (*bottom-up approach*), который предполагает отслеживание ущерба от источника, его количественную оценку с помощью анализа путей воздействия (*impact pathways*) и монетизацию физического ущерба¹⁶⁶. Недостатком данного подхода считается то, что в силу трудоемкости работы может рассматриваться только часть воздействий, по которым есть доступные данные. ИРА состоит из четырех этапов: 1) определение источника выбросов (стационарный, передвижной), применяемой технологии и содержания вредных веществ; 2) расчет изменений концентраций загрязняющих веществ путем моделирования рассеивания загрязнителей в атмосферном воздухе; 3) оценка физических воздействий (например, случаи астмы из-за увеличения концентрации твердых частиц в атмосферном воздухе) с использованием функций «доза-отклик». Обычно рассматриваются такие воздействия, как: смертность, госпитализация с респираторным или сердечно-сосудистым заболеванием, коронарная болезнь сердца, инсульт, рак легких, астма у детей, хронический бронхит, диабет; 4) стоимостная оценка физического ущерба (обычно с помощью методик, основанных на «готовности платить»)¹⁶⁷.

Поскольку рыночные цены чаще всего недоступны для определения денежного эквивалента экологического ущерба, широкое применение для оценки нерыночных издержек получил метод «готовности платить» (*willingness to pay, WTP*)¹⁶⁸, который основан на максимальной сумме денег, которую готов заплатить индивид за минимизацию ущерба (например, от загрязнения воздуха). Суммирование отдельных WTP дает возможность оценить ущерб для общества¹⁶⁹.

Оценка «готовности платить» базируется на двух основных подходах: выявленные предпочтения (*revealed preferences*) и заявленные предпочтения (*stated preferences*). *Выявленные*

¹⁶⁵ External Costs of Transport in Europe. Update Study for 2008 / H. van Essen, A. Schrotten, M. Otten et al. – Delft: CE Delft, 2011. – 161 p.; Барабошкина А.В., Кудрявцева О.В. Экстерналии издержки от автомобильного транспорта в контексте перехода к низкоуглеродной экономике: российский опыт. Указ. раб. С. 148.

¹⁶⁶ Барабошкина А.В., Кудрявцева О.В. Экстерналии издержки от автомобильного транспорта в контексте перехода к низкоуглеродной экономике: российский опыт. Указ. раб. С. 148.

¹⁶⁷ Дядик В.В., Дядик Н.В., Ключникова Е.М. Экономическая оценка ущерба здоровью населения от негативных экологических воздействий: обзор основных методологических подходов // Экология человека. – 2021. – № 2. – С. 57–64; Сидоренко В.Н. Моделирование и экономическая оценка ущерба здоровью населения регионов России от загрязнения воздуха // Вестник СамГУ – Естественнонаучная серия. – 2006. – № 9. – С. 270–276; Барабошкина А.В., Кудрявцева О.В. Экстерналии издержки от автомобильного транспорта в контексте перехода к низкоуглеродной экономике: российский опыт. Указ. раб. С. 147; External Costs of Transport in Europe. Update Study for 2008. Ibid.

¹⁶⁸ Также существует метод «готовности принимать» (*willingness to accept, WTA*), который подразумевает минимальную готовность индивида принять определенную сумму компенсации за причиненный ущерб, но он применяется реже.

¹⁶⁹ Handbook on the external costs of transport: version 2019 – 1.1. Ibid.

предпочтения можно определить исходя из фактических выборов людей. Часто используемым методом в рамках данного подхода является метод гедонистического ценообразования, при котором используется разница в ценах на рынке недвижимости для оценки «готовности платить» за снижение выбросов загрязняющих веществ или уменьшение уровня транспортного шума¹⁷⁰. Также методы *выявленных предпочтений* включают оценку транспортно-путевых затрат и оценку платы за доступ к определенному благу¹⁷¹. *Заявленные предпочтения* оценивают путем проведения опросов, которые измеряют готовность людей платить за поддержание и улучшение качества окружающей среды. Бывает затруднительно определить «готовность платить», используя опросники, содержащие профессиональные вопросы экологического характера, так как люди могут не иметь реального представления о том, что конкретно означают для их жизни, например, выбросы определенного загрязнителя. Вопрос типа «Сколько бы Вы заплатили за сокращение выбросов SO₂ на 1 тыс. тонн?» не даст исследователям значимых результатов, так как «1 тыс. тонн выбросов SO₂» слишком абстрактное понятие для неспециалиста. Поэтому вопросы должны быть тщательно продуманы, чтобы респонденты могли высказать свое мнение по проблемам, имеющим непосредственное отношение их жизни. Это означает, что «готовность платить» в рамках данного подхода в основном измеряется на уровне конечных точек (*endpoint level*)¹⁷², т. е. через опросы оценивается «готовность платить» за минимизацию конкретного ущерба здоровью человека, экосистемам, биоразнообразию и т. д.¹⁷³

С помощью методик, основанных на «готовности платить», можно оценить стоимость среднестатистической жизни человека (Value of Statistical Life, VSL) и стоимость года жизни (Value of Life Year, VOLY). Первый показатель рассчитывается исходя из того, сколько люди готовы заплатить за предотвращение смертельного исхода, второй показатель – исходя из того, сколько люди готовы заплатить за увеличение ожидаемой продолжительности жизни еще на один год¹⁷⁴. Для оценки ущерба здоровью человека от загрязнения воздуха корректнее использовать VOLY. В теории VSL может рассматриваться как дисконтированная сумма

¹⁷⁰ Environmental Prices Handbook 2017. Methods and numbers for valuation of environmental impacts. Ibid. P. 52.

¹⁷¹ Стоимостная оценка экологического ущерба. Современная методология и практика: научная монография / О.Е. Медведева, Г.И. Микерин, П.В. Медведев, М.А. Вакула. Международная академия оценки и консалтинга. – М.: НОУ ВО «МАОК», 2017. – 138 с.

¹⁷² При проведении оценки воздействия продукции, услуг, отходов на окружающую среду и население в рамках жизненного цикла принято выделять два уровня воздействия: уровень средней точки или промежуточный уровень (*midpoint level*), в рамках которого оперируют такими категориями, как разрушение озонового слоя, истощение природных ресурсов, токсичность для человека и т.д., и количественно оценивают их, и уровень конечной точки или конечный уровень (*endpoint level*), в рамках которого оценивается конкретный ущерб здоровью человека, экосистемам и т.д.

¹⁷³ Environmental Prices Handbook 2017. Methods and numbers for valuation of environmental impacts. Ibid.

¹⁷⁴ Chiabai A., Spadaro J.V., Neumann M.B. Valuing deaths or years of life lost? Economic benefits of avoided mortality from early heat warning systems // Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change. – 2018. – Vol. 23. – Pp. 1159-1176.

ежегодных значений VOLY, однако это сильно зависит от контекста исследования. Значения VOLY, выведенные из VSL, как правило, завышают денежные оценки «готовности платить» за увеличение ожидаемой продолжительности жизни в контексте негативного воздействия загрязнения воздуха на здоровье¹⁷⁵. Это связано с тем, что, во-первых, загрязнение воздуха редко выступает основной причиной смерти человека, скорее дополнительным фактором. Во-вторых, при оценке VSL не учитывается, что число потерянных лет ожидаемой продолжительности жизни в результате преждевременной смерти из-за загрязненного воздуха значительно меньше, чем в случае, например, аварий, которые обычно происходят на более ранних этапах жизни человека¹⁷⁶.

Центральная величина VOLY, которую использовали авторы *«Руководства по экстермальным издержкам транспорта»* для оценки экстеральных издержек, связанных с транспортными выбросами загрязняющих воздух веществ в Евросоюзе, составляет 70 тыс. евро в ценах 2016 г. Далее это значение VOLY корректировалось для каждой страны ЕС с помощью методики, предложенной ОЭСР¹⁷⁷. Данную методику мы применяем и в наших расчетах (*подробнее в Главе 3, п. 3.1*).

Как и в случае с экстермальными издержками, связанными с изменением климата, оценки ущерба от выбросов загрязняющих веществ существенно разнятся. Например, в исследовании М. Делуччи оценки ущерба здоровью человека, связанного с выбросами твердых частиц PM2.5 от автомобильного транспорта, варьируются в диапазонах 64–779 долл./кг в ценах 1991 г. для Лос-Анджелеса, 15–225 долл./кг для всех городских территорий США, 10–159 долл./кг для США в целом¹⁷⁸. В *«Руководстве по экстермальным издержкам транспорта»* ущерб, обусловленный негативным воздействием автотранспортных выбросов PM2.5, оценивается в 72–568 евро/кг в ценах 2016 г. для европейских городов¹⁷⁹. Такой разброс связан с особенностями методологии оценки внешних издержек, количеством учитываемых негативных эффектов, численностью и плотностью населения, уровнем жизни населения¹⁸⁰.

Т. Сандквист, проанализировав 38 научных работ, посвященных экстермальным издержкам генерации электроэнергии, описал и обобщил соответствующие данные. Автор объяснил расхождения в сопоставляемых значениях (1) подходом к оценке внешних издержек; (2) выбранной для анализа стадией жизненного цикла (например, учитывается ли только этап генерации энергии или также добыча и обработка топлива) и (3) подходом к оценке стоимости

¹⁷⁵ Handbook on the external costs of transport: version 2019 – 1.1. Ibid. P. 191.

¹⁷⁶ Desaigues B. et al. Economic valuation of air pollution mortality: A 9-country contingent valuation survey of value of a life year (VOLY) // Ecological Indicators. – 2011. – Vol. 11. – № 3. – Pp. 902–910.

¹⁷⁷ The Cost of Air Pollution: Health Impacts of Road Transport. – OECD Publishing, 2014. – 79 p.

¹⁷⁸ Delucchi M.A. Ibid. P. 143.

¹⁷⁹ Handbook on the external costs of transport: version 2019 – 1.1. Ibid. P. 56.

¹⁸⁰ Барабошкина А.В., Кудрявцева О.В. Экстеральные издержки от автомобильного транспорта в контексте перехода к низкоуглеродной экономике: российский опыт. Указ. раб. С. 147.

жизни. Оценки внешних издержек довольно сильно отличаются друг от друга в силу обозначенных факторов, что является ограничением для расчетов¹⁸¹.

Выводы к Главе 1

Автомобильный транспорт является крупным потребителем невозобновляемых энергетических ресурсов и одним из главных источников выбросов загрязняющих городской воздух веществ и парниковых газов. Переход к устойчивому развитию и низкоуглеродной экономике невозможен без формирования устойчивой транспортной системы. Устойчивый транспорт является межсекторальным сквозным инструментом, способствующим достижению важнейших Целей устойчивого развития, в то же время решение связанных с ЦУР задач способствует созданию устойчивой транспортной системы и упрощению доступа к ней, в том числе за счет повышения доходов домохозяйств, внедрения инновационных технологических решений, проведения грамотной экологической политики.

Электрификация автомобильного транспорта является неотъемлемым элементом перехода к устойчивой транспортной системе и ее декарбонизации. С одной стороны, распространение электромобилей способствует уменьшению негативного воздействия на здоровье человека и окружающую среду, с другой – имеет ряд негативных сторон. Непосредственно при эксплуатации электромобилей выбросы загрязняющих воздух веществ стремятся к нулю, а прямые выбросы парниковых газов полностью отсутствуют. Электротранспорт характеризуется низким уровнем шума, сравнительно низким потреблением топливно-энергетических ресурсов. У электромобилей меньше деталей, чем у традиционных автомобилей и, соответственно, отходов, отсутствует угроза утечки нефтепродуктов. В то же время косвенные выбросы электромобилей, которые происходят в процессе производства электроэнергии, необходимой для их зарядки, на электростанциях, существенно зависят от структуры генерации и в отдельных случаях могут быть сопоставимы с выбросами от автомобилей с ДВС. К этому приводит доминирование в структуре генерации угля, также факторами роста выбросов могут являться высокий уровень потерь электроэнергии в сетях и низкая эффективность тепловых электростанций. Выбросы в процессе производства электромобилей выше, чем у автомобилей с ДВС из-за энергоемкого процесса изготовления батарей. Электротранспорт в большей степени способствует истощению металлических ресурсов, а проблема утилизации батарей пока остается нерешенной.

На загрязнение воздуха, выбросы парниковых газов и, соответственно, изменение климата приходится большая часть экологических экстерналий автомобильного транспорта.

¹⁸¹ Sundqvist T. Ibid.

Для оценки экстерналий издержек, связанных с выбросами, применяются два основных подхода: экономическая оценка ущерба (*damage cost approach*) и экономическая оценка затрат на предотвращение/смягчение негативных воздействий от выбросов (*avoidance/abatement/mitigation cost approach*). Ущерб от загрязнения воздуха обычно оценивается с помощью первого подхода, а экстерналии издержки, обусловленные выбросами парниковых газов – чаще с помощью второго. Это связано с тем, что многообразие и масштабы климатических изменений не позволяют количественно оценить все их негативные последствия. Кроме того, возникают трудности с выбором ставки дисконтирования, не учитываются должным образом такие психолого-экономические феномены, как неприятие риска и неприятие потерь. Весомыми аргументами в пользу выбора *avoidance cost approach* являются принятие конкретных целей по снижению выбросов парниковых газов и широкое применение данного подхода для установления цены на углерод, например, в рамках такого инструмента климатической политики как система торговли выбросами.

ГЛАВА 2. Особенности развития электрического автомобильного транспорта в мире и России

2.1. Состояние и перспективы развития электрического автомобильного транспорта в зарубежных странах и России

Согласно BloombergNEF, глобальные инвестиции в переход к низкоуглеродной энергетике достигли 1,1 трлн долл. Эта оценка не включает энергоэффективность, в которую, по данным Международного энергетического агентства (МЭА), было вложено 330 млрд долл.¹⁸² Электрифицированный транспорт (транспортные средства и инфраструктура) занял второе место по объему привлеченных инвестиций, совсем немного уступая возобновляемой энергетике – 466 млрд долл. и 495 млрд долл. соответственно¹⁸³ (Рисунок 10). Китай является безусловным лидером по объему инвестиций в энергетический переход – на него приходится половина суммарных инвестиций (546 млрд долл.). За ним с большим отрывом следуют Евросоюз (180 млрд долл.) и США (141 млрд долл.)¹⁸⁴.

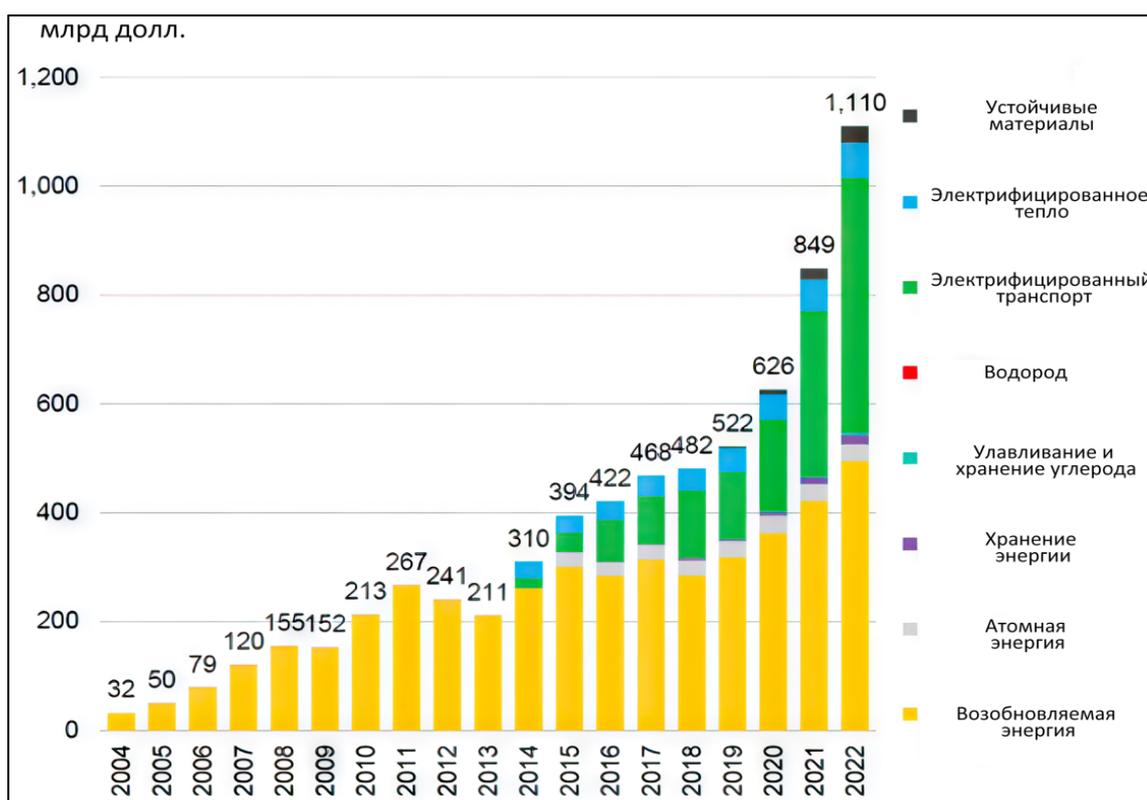


Рисунок 10 – Глобальные инвестиции в энергопереход по секторам, 2022 г.

¹⁸² Bashmakov I. Russia's foreign trade, economic growth, and decarbonization. Long-term vision. – Center for energy efficiency – XXI, 2023. – P. 88.

¹⁸³ Global Low-Carbon Energy Technology Investment Surges Past \$1 Trillion for the First Time // BloombergNEF. [Электронный ресурс] URL: <https://about.bnef.com/blog/global-low-carbon-energy-technology-investment-surges-past-1-trillion-for-the-first-time/> (дата обращения: 01.05.2023)

¹⁸⁴ Bashmakov I. Ibid. P. 88.

Источник: Global Low-Carbon Energy Technology Investment Surges Past \$1 Trillion for the First Time // BloombergNEF. [Электронный ресурс] URL: <https://about.bnef.com/blog/global-low-carbon-energy-technology-investment-surges-past-1-trillion-for-the-first-time/> (дата обращения: 01.05.2023)

Мировой рынок электромобилей начал активно развиваться с 2010-х гг. В 2020 г., в то время как на фоне пандемии коронавируса мировые продажи автомобилей упали на 16%, количество зарегистрированных электрокаров увеличилось на 41%¹⁸⁵. В 2022 г. доля электромобилей¹⁸⁶ в глобальных продажах новых автомобилей достигла 14%, тогда как в 2021 г. составляла около 9%, в 2020 г. – всего 4,2%. В 2022 г. было продано 10,2 млн электромобилей (BEV – 71,6%, PHEV – 28,4%), что в 1,6 раза больше, чем в предыдущем году. За десять лет количество проданных электромобилей увеличилось в 86 раз¹⁸⁷. Продажи электромобилей в 2022 г. продолжали расти быстрыми темпами, несмотря на сбои в цепочках поставок, макроэкономическую и геополитическую неопределенность и высокие цены на сырьевые товары и энергоресурсы, тогда как продажи автомобилей в целом сократились на 3%¹⁸⁸.

Всего в мире, по данным за 2022 г., зарегистрировано почти 26 млн электромобилей (BEV – 69,5%, PHEV – 30,5%), что в 136 раз больше, чем десятилетие назад¹⁸⁹.

Расширяется парк и других электрических транспортных средств: в 2022 г. было продано более 65 тыс. электрических автобусов (4,5% от общих продаж), почти 308 тыс. электрических легких коммерческих автомобилей (3,6% от общих продаж) и 60 тыс. грузовиков (1,2% от общих продаж). Число зарегистрированных в мире электробусов, электрических легких коммерческих автомобилей и грузовиков в 2022 г. составило 800 тыс. шт., 948 тыс. шт. и 321 тыс. шт. соответственно. Их доли в автопарках пока совсем небольшие: менее 1% в случае электрических легких коммерческих автомобилей и грузовиков и 3,1% в случае электробусов¹⁹⁰.

Двух- и трехколесные транспортные средства (мопеды, мотоциклы, трициклы и т. д.) в настоящее время являются наиболее электрифицированной категорией дорожного транспорта. Их количество достигает 290 млн шт., на них приходится более 20% от глобального парка двух- и трехколесных транспортных средств¹⁹¹. Это обусловлено тем, что для их малого веса и

¹⁸⁵ Global EV Outlook 2021. Accelerating ambitions despite the pandemic. – IEA Publications, 2021. – P. 5.

¹⁸⁶ Согласно МЭА, электромобили (Electric Vehicles, EV) включают полностью электрические автомобили/аккумуляторные электромобили (BEV) и подключаемые/подзаряжаемые гибридные автомобили (PHEV). В данном случае указана доля в продажах только пассажирских легковых электромобилей, прочие категории (автобусы, фургоны, грузовики) рассматриваются отдельно.

¹⁸⁷ Рассчитано автором по: Global EV Data Explorer // IEA. [Электронный ресурс] URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/global-ev-data-explorer> (дата обращения: 29.04.2023)

¹⁸⁸ Global EV Outlook 2023. Catching up with climate ambitions. – IEA Publications, 2023. – P. 14.

¹⁸⁹ Рассчитано автором по: Global EV Data Explorer // IEA. [Электронный ресурс] URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/global-ev-data-explorer> (дата обращения: 29.04.2023)

¹⁹⁰ Global EV Data Explorer // IEA. [Электронный ресурс] URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/global-ev-data-explorer> (дата обращения: 29.04.2023)

¹⁹¹ Global EV Outlook 2021. Ibid. P. 35, 75.

перемещений на сравнительно короткие расстояния требуются небольшие аккумуляторы, что позволяет избежать проблем, связанных с зарядкой.

Безусловным лидером на рынке электромобилей является Китай. В 2022 г. его доля в суммарном количестве зарегистрированных в мире электромобилей составила почти 55%. На дорогах Китая 11 млн полностью электрических автомобилей и более 3 млн подключаемых гибридов¹⁹². На Китай приходится почти 60% мировых продаж электромобилей, на внутреннем рынке доля электромобилей в продажах увеличилась с 16% в 2021 г. до 29% в 2022 г. Таким образом, Китай достиг цели в 20% автомобилей на новых источниках энергии (*New Energy Vehicles, NEVs*¹⁹³) в продажах на три года раньше запланированного. К 2030 г. Китай планирует достичь 50%-й доли NEVs в «ключевых регионах по борьбе с загрязнением воздуха»¹⁹⁴. В Китае электромобили, как правило, меньше по размеру, чем в других странах. Это, вместе с более низкими затратами на разработку и производство, способствовало сокращению разрыва в цене с традиционными автомобилями: в 2021 г. медианная цена электромобилей в Китае была всего на 10% выше, в то время как на других крупных рынках – на 45–50% выше. На долю Китая приходится 95% регистраций электрических двух- и трехколесных транспортных средств и 90% регистраций электрических автобусов и грузовиков¹⁹⁵.

Европа является вторым после Китая крупнейшим рынком электромобилей. В 2022 г. на нее пришлось более 25% мировых продаж и 30% зарегистрированных в мире электромобилей. Доля электромобилей в совокупных продажах на европейском рынке составила 21%. Среди европейских стран по доле продаж на внутреннем рынке лидируют Норвегия (88%), Швеция (54%), Нидерланды (35%), Германия (31%), Великобритания (23%) и Франция (21%). В разрезе абсолютных значений продаж самым крупным рынком электромобилей является Германия, за которой следуют Великобритания и Франция¹⁹⁶.

На США приходится почти 10% мировых продаж электромобилей и чуть более 11% глобального парка электромобилей. Доля электромобилей во внутренних продажах в 2022 г. составила около 8%¹⁹⁷.

В целом, крупнейшими рынками электромобилей являются Китай, США, Германия, Франция и Великобритания. На эти пять стран приходится 80,6% мирового парка электромобилей (Рисунок 11).

¹⁹² Global EV Data Explorer // IEA. [Электронный ресурс] URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/global-ev-data-explorer> (дата обращения: 29.04.2023)

¹⁹³ NEVs включают в себя полностью электрические автомобили, подключаемые гибриды и автомобили на водородных топливных элементах.

¹⁹⁴ Global EV Outlook 2023. Ibid. P. 16.

¹⁹⁵ Global EV Outlook 2022. Securing supplies for an electric future. – IEA Publications, 2022. – P. 4.

¹⁹⁶ Global EV Outlook 2023. Ibid. P. 18.

¹⁹⁷ Global EV Data Explorer // IEA. [Электронный ресурс] URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/global-ev-data-explorer> (дата обращения: 29.04.2023)

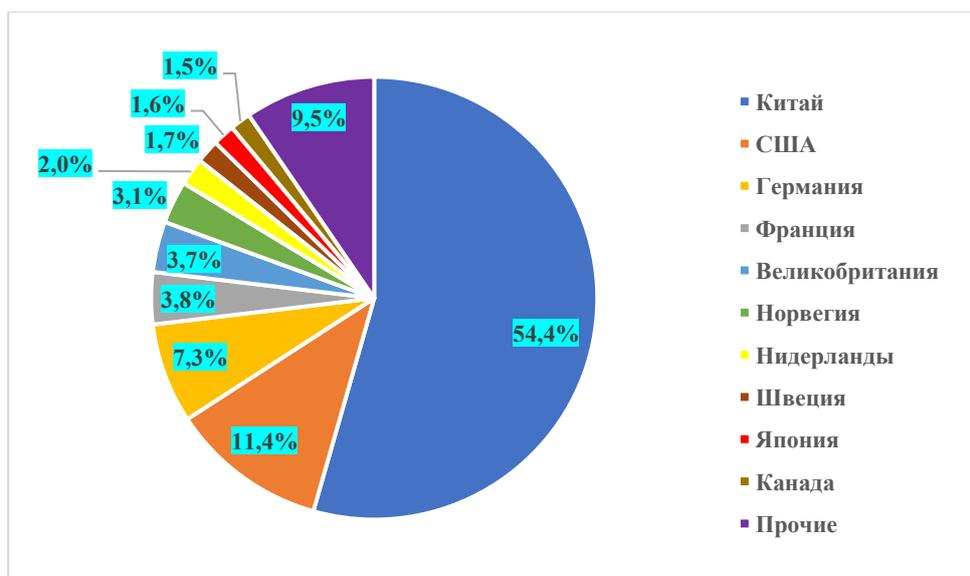


Рисунок 11 – Парк электромобилей (BEV+PHEV) по странам, 2022 г.

Источник: составлено автором по: Global EV Data Explorer // IEA. [Электронный ресурс] URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/global-ev-data-explorer> (дата обращения: 29.04.2023)

Успех электромобилей обусловлен множеством факторов. Главным является поддержка со стороны государства. Государственные расходы на субсидии и другие меры стимулирования практически удвоились в 2021 г. и составили приблизительно 30 млрд долл.¹⁹⁸ При этом, если сравнить сегодняшнюю долю государственных расходов на электромобили с долей пятилетней давности, то она снизилась примерно с 20% до 10%¹⁹⁹.

В развивающихся странах и странах с формирующимся рынком распространение электромобилей происходит не так активно. Несколько моделей, представленных на рынках этих стран, по-прежнему недоступны для массового потребителя. В Бразилии, Индии, Мексике, Чили на электромобили приходится не более 1,5% от совокупных продаж автомобилей²⁰⁰. Вместе с тем, в 2022 г. наметилась тенденция к существенному росту продаж во многих из этих стран. Например, в Индии продажи выросли в четыре раза²⁰¹.

Все большее число стран заявляют о постепенном отказе от двигателей внутреннего сгорания и ставят перед собой амбициозные цели на ближайшие десятилетия по электрификации транспортных средств. У многих автопроизводителей есть собственные планы по электрификации автопарков, которые превосходят по амбициям национальные цели. В 2021 г. для потребителей стало доступно в пять раз больше новых моделей электромобилей, чем было в 2015 г. – около 450 шт. Volvo заявила о том, что собирается стать компанией,

¹⁹⁸ Global EV Outlook 2022. Ibid. P. 4.

¹⁹⁹ Global EV Outlook 2023. Ibid. P. 94.

²⁰⁰ Global EV Data Explorer // IEA. [Электронный ресурс] URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/global-ev-data-explorer> (дата обращения: 29.04.2023)

²⁰¹ Рассчитано автором по: Global EV Data Explorer // IEA. [Электронный ресурс] URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/global-ev-data-explorer> (дата обращения: 29.04.2023)

выпускающей исключительно электромобили, к 2030 г. Цель Stellantis – 100% и 50% электромобилей (BEV) в продажах в Европе и США соответственно. Все новые модели Mercedes-Benz с 2025 г. будут иметь исключительно электрическую силовую установку. Китайская компания BYD объявила о том, что с апреля 2022 г. будет производить только чистые электромобили и подключаемые гибриды, а Dongfeng к 2024 г. планирует электрифицировать 100% новых моделей своих основных пассажирских брендов²⁰².

Ожидается, что в будущем парк электрических транспортных средств значительно увеличится. Их количество (без учета двух- и трехколесных ТС) может достигнуть от 145 млн до 230 млн шт. к 2030 г., составив от 7% до 12%²⁰³ глобального парка автотранспортных средств соответственно. Число двух- и трехколесных транспортных средств увеличится до 385–490 млн шт. к 2030 г. и будет составлять 30–40% мирового парка²⁰⁴.

Развитие рынка электромобилей в развивающихся странах может существенно ускорить рост мирового парка электромобилей при достаточном объеме инвестиций и реализации соответствующих мер поддержки.

Аккумуляторные батареи

Средневзвешенная цена литий-ионных батарей снизилась с 1200 долл./кВт-ч в 2010 г. до 132 долл./кВт-ч в 2021 г.²⁰⁵ Однако в 2022 г. впервые более чем за десять лет их цена не снизилась дальше, а увеличилась и достигла 151 долл./кВт-ч²⁰⁶. Причиной этого стали растущие цены на сырье и компоненты, стремительный рост инфляции, нарушение цепочек поставок²⁰⁷. Если еще летом 2021 г. цена за тонну лития составляла около 10 тыс. долл.²⁰⁸, то в ноябре 2022 г. достигла рекордных величин – более 84 тыс. долл. за тонну²⁰⁹. Резкий скачок цены был обусловлен несколькими факторами: во-первых, невозможностью наращивания добычи лития при текущем уровне развития технологий в условиях быстро растущего спроса; во-вторых, негативным влиянием экстремальной жары в Китае на производство, включая его

²⁰² Global EV Outlook 2022. Ibid. P. 32.

²⁰³ В 2022 г. доля электрических автотранспортных средств в среднем составляла около 2% (Global EV Data Explorer // IEA. [Электронный ресурс] URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/global-ev-data-explorer> (дата обращения: 29.04.2023))

²⁰⁴ Global EV Outlook 2021. Ibid. P. 5, 6, 75–76.

²⁰⁵ Battery Pack Prices Fall to an Average of \$132/kWh, But Rising Commodity Prices Start to Bite // BloombergNEF. [Электронный ресурс] URL: <https://about.bnef.com/blog/battery-pack-prices-fall-to-an-average-of-132-kwh-but-rising-commodity-prices-start-to-bite/> (дата обращения: 09.08.2022)

²⁰⁶ Lithium-ion Battery Pack Prices Rise for First Time to an Average of \$151/kWh // BloombergNEF. [Электронный ресурс] URL: <https://about.bnef.com/blog/lithium-ion-battery-pack-prices-rise-for-first-time-to-an-average-of-151-kwh/> (дата обращения: 09.08.2022)

²⁰⁷ Lithium-ion Battery Pack Prices Rise for First Time to an Average of \$151/kWh // BloombergNEF. [Электронный ресурс] URL: <https://about.bnef.com/blog/lithium-ion-battery-pack-prices-rise-for-first-time-to-an-average-of-151-kwh/> (дата обращения: 10.01.2023); Global EV Outlook 2023. Ibid.

²⁰⁸ Конончук М. В мире начался литиевый кризис. Он еще сильнее ударит по автопрому // Autonews. [Электронный ресурс] URL: <https://www.autonews.ru/news/63313f899a7947bb638b7e7c> (дата обращения: 25.04.2023)

²⁰⁹ Воронов В. Питать удачу: «Газпром» начнет поставки лития «Росатому» // Известия. [Электронный ресурс] URL: <https://iz.ru/1500385/valerii-voronov/pitat-udachu-gazprom-nachnet-postavki-litiia-rosatomu> (дата обращения: 25.04.2023)

вынужденную приостановку (по данным за 2021 г., Китай обеспечивал около 80% мирового производства батарей для электромобилей); в-третьих, решением канадского правительства обязать несколько китайских добывающих компаний продать активы в добывающем секторе Канады, что повлияло в том числе и на добычу лития²¹⁰.

Весной 2023 г. цена на литий упала почти вдвое по сравнению с показателями осени 2022 г. Это было связано с увеличением добычи в странах Латинской Америки и открытием новых месторождений, а также прекращением выдачи субсидий на приобретение автомобилей на новых источниках энергии на крупнейшем рынке электромобилей – в Китае²¹¹.

Вышеуказанная цена аккумуляторных батарей является средней величиной, учитывающей их разные конечные назначения, включая применение для разных типов транспортных средств, накопителей энергии и т. д. Цена АКБ для полностью электрических автомобилей (BEV) в 2022 г. составила 138 долл./кВт-ч, цена ячеек – 115 долл./кВт-ч. Это означает, что на аккумуляторные ячейки приходится 83% от цены батарейного блока. Дешевле всего АКБ в Китае – 127 долл./кВт-ч, цены в США и Европе выше на 24% и 33% соответственно. На разницу в ценах влияют такие факторы, как затраты на производство, степень зрелости рынка электротранспорта, уровень импорта. В 2022 г. средневзвешенная цена батарей могла бы вырасти еще сильнее, если бы не распространение относительно дешевого катодного материала фосфата железа лития (LiFePO₄, LFP) и дальнейшее снижение доли дорогого кобальта в аккумуляторах на основе никеля²¹².

Аккумуляторная батарея является самым дорогим элементом электромобиля. Согласно данным компании Oliver Wyman, в 2020 г. около трети прямых затрат в структуре стоимости производства европейского электромобиля гольф-класса²¹³ приходилось именно на АКБ. Если сравнить затраты на производство электромобиля и сопоставимого автомобиля с ДВС, то видно, что разница в стоимости формируется преимущественно за счет батареи (Рисунок 12). Стоимость сборки и коробки передач²¹⁴ электромобиля ниже, чем у традиционного автомобиля, затраты на интерьер сопоставимы, чуть дороже обходятся шасси, экстерьер, электрическая/электронная архитектура. Затраты на ДВС и вспомогательные системы

²¹⁰ Кривушкова А. Гонка за литием: от win-lose к win-win в новых реалиях // Asia Business Blog. [Электронный ресурс] URL: <https://asiablog.com/2023/03/china-lithium-ev/> (дата обращения: 25.04.2023)

²¹¹ Там же.

²¹² Lithium-ion Battery Pack Prices Rise for First Time to an Average of \$151/kWh // BloombergNEF. [Электронный ресурс] URL: <https://about.bnef.com/blog/lithium-ion-battery-pack-prices-rise-for-first-time-to-an-average-of-151-kwh/> (дата обращения: 10.01.2023)

²¹³ Согласно европейской классификации, гольф-класс относится к классу C («низший средний класс»). (Маслова А. Что такое классы автомобилей: в чем их разница // Autonews. [Электронный ресурс] URL: <https://www.autonews.ru/news/627e0cad9a79476cc13b0bef> (дата обращения: 05.05.2023))

²¹⁴ У электрокаров нет коробки передач в привычном понимании. Взамен у большинства таких машин установлена односкоростная коробка, которая служит только для включения заднего хода. (Без коробки передач и топливного бака. Как устроены электромобили // БКС Экспресс. [Электронный ресурс] URL: <https://bcs-express.ru/novosti-i-analitika/bez-korobki-peredach-i-toplivnogo-baka-kak-ustroeny-elektromobili> (дата обращения: 05.05.2023))

традиционного автомобиля составляют 3 тыс. евро, у электромобиля расходы на электродвигатель составляют 2 тыс. евро, в то время как на аккумуляторную батарею целых 8 тыс. евро, что и является главной причиной, почему в 2020 г. стоимость производства электромобиля была выше на 45%²¹⁵.

Считается, что электромобили достигнут ценового паритета с автомобилями с ДВС при средней цене батареи около 100 долл./кВт-ч. Согласно прогнозу BloombergNEF от 2019 г., это могло бы произойти в 2024 г.²¹⁶ Однако, по оценкам компании Oliver Wyman, даже если к 2030 г. средняя цена батарей составит 85 долл./кВт-ч, стоимость производства электромобиля все равно будет выше в сравнении с традиционным автомобилем на 9%²¹⁷.

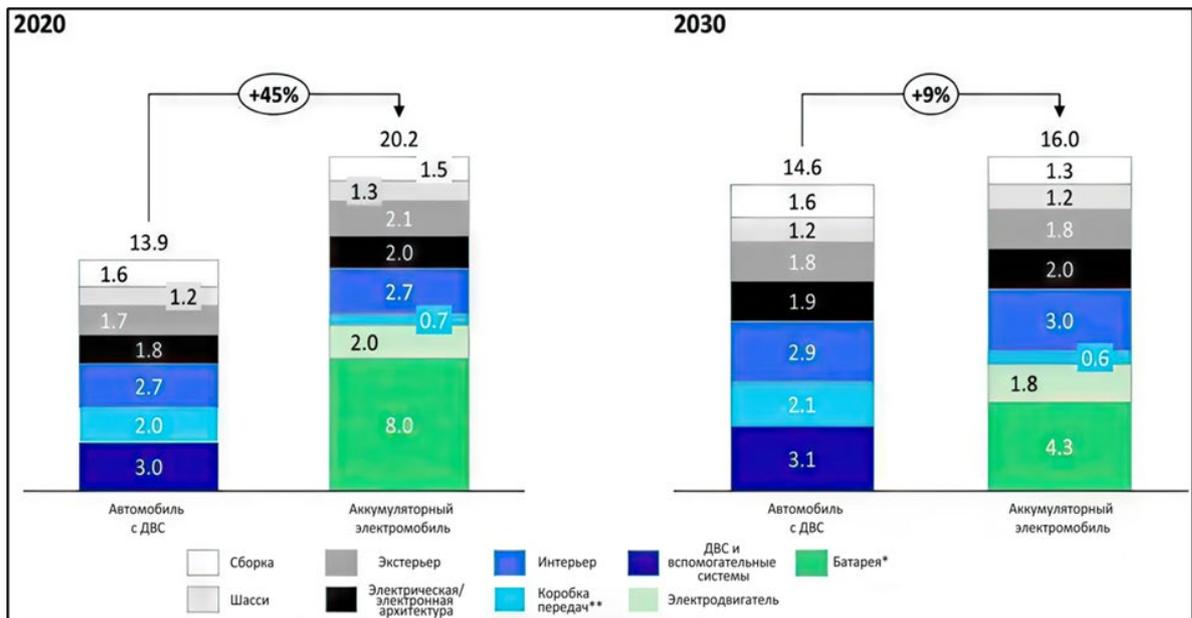


Рисунок 12 – Сравнение прямых затрат на производство полностью электрического автомобиля и автомобиля с ДВС гольф-класса (европейских автопроизводителей) в 2020 г. и 2030 г., тыс. евро

Примечание: * емкость батареи составляет 50 кВт-ч; ** у электромобилей нет коробки передач, но у большинства есть односкоростная коробка, которая предназначена для включения заднего хода.

Источник: Ruffo G.H. EVs Are Still 45% More Expensive To Make Than Combustion-Engined Cars // InsideEVs. [Электронный ресурс] URL: <https://insideevs.com/news/444542/evs-45-percent-more-expensive-make-ice/> (дата обращения: 06.04.2022)

²¹⁵ Ruffo G.H. EVs Are Still 45% More Expensive To Make Than Combustion-Engined Cars // InsideEVs. [Электронный ресурс] URL: <https://insideevs.com/news/444542/evs-45-percent-more-expensive-make-ice/> (дата обращения: 06.04.2022)

²¹⁶ Battery Pack Prices Fall as Market Ramps up with Market Average At \$156/kWh in 2019 // BloombergNEF. [Электронный ресурс] URL: <https://about.bnef.com/blog/battery-pack-prices-fall-as-market-ramps-up-with-market-average-at-156-kwh-in-2019/> (дата обращения: 06.04.2022)

²¹⁷ Ruffo G.H. EVs Are Still 45% More Expensive To Make Than Combustion-Engined Cars // InsideEVs. [Электронный ресурс] URL: <https://insideevs.com/news/444542/evs-45-percent-more-expensive-make-ice/> (дата обращения: 06.04.2022)

Как уже упоминалось ранее, 80% литий-ионных аккумуляторных батарей производится в Китае. В стране сосредоточено 70% мощностей по производству катодов и 85% мощностей по производству анодов (оба являются ключевыми компонентами АКБ). Китайский гигант по производству аккумуляторных батарей CATL контролирует около 30% мирового рынка. За ним следуют южнокорейская компания LG Energy Solution с 25% мирового рынка, японская Panasonic и китайская компания BYD²¹⁸.

Более половины мощностей по переработке и очистке лития, кобальта и графита расположены в Китае. Согласно Darton Commodities, в 2020 г. на китайских предприятиях было переработано 85% добытого в мире кобальта²¹⁹, который является основой для катода в большинстве литий-ионных АКБ и позволяет накапливать большие количества энергии в малом объеме²²⁰, обеспечивает более длительную работу аккумулятора²²¹. На долю Европы приходится более 25% мирового производства электромобилей, однако здесь сосредоточена очень небольшая часть цепочки поставок (за исключением 20% мощностей по переработке кобальта). США играют еще меньшую роль в глобальной цепочке поставок: здесь сосредоточено 10% мощностей по производству электромобилей и 7% мощностей по производству аккумуляторных батарей. Корея и Япония имеют относительно большие доли в высокотехнологичном производстве катодных и анодных материалов. На долю Кореи приходится 15% мощностей по производству катодных материалов, на долю Японии – 14% мощностей по производству катодных и 11% мощностей по производству анодных материалов. Корейские и японские компании также участвуют в производстве других компонентов аккумуляторных батарей, таких как сепараторы²²².

Добыча полезных ископаемых, необходимых для производства электромобилей, ведется в таких богатых ресурсами странах, как Австралия, Чили и Демократическая Республика Конго, и осуществляется несколькими крупными компаниями. Например, большая часть кобальта добывается в ДРК, где почти 70% горнодобывающего сектора находится под контролем китайских инвесторов²²³.

²¹⁸ Battery Giant CATL Flags \$9 Billion Share Placement Plan // Bloomberg. [Электронный ресурс] URL: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-08-13/china-battery-giant-catl-flags-9-billion-share-placement-plan> (дата обращения: 25.04.2023)

²¹⁹ 'Battery arms race': how China has monopolised the electric vehicle industry // The Guardian. [Электронный ресурс] URL: <https://www.theguardian.com/global-development/2021/nov/25/battery-arms-race-how-china-has-monopolised-the-electric-vehicle-industry> (дата обращения: 25.04.2023)

²²⁰ Электромобилям нужен кобальт // Научная Россия. [Электронный ресурс] URL: <https://scientificrussia.ru/articles/elektromobilyam-nuzhen-kobalt> (дата обращения: 25.04.2023)

²²¹ Kultgen M. Driving beyond cobalt for EV battery technology // Analog Devices. [Электронный ресурс] URL: <https://www.analog.com/en/signals/articles/ev-battery-technology.html> (дата обращения: 25.04.2023)

²²² Global EV Outlook 2022. Ibid. P. 7.

²²³ Kinch D. Chinese dominance of DRC mining sector increases economic dependence: Mines Chamber // S&P Global. [Электронный ресурс] URL: <https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/market-insights/latest->

Давление на поставщиков важнейших материалов будет продолжать расти по мере дальнейшей электрификации автомобильного транспорта. В краткосрочной перспективе необходимы дополнительные инвестиции, особенно в добывающую промышленность, где сроки подготовки и реализации проектов намного больше, чем в других звеньях цепочки поставок. Прогнозируемые запасы полезных ископаемых до конца 2020-х гг. соответствуют спросу на аккумуляторные батареи для электромобилей, заявленному в базовом сценарии МЭА. Однако для реализации интенсивного сценария предложение некоторых металлов, таких как литий, должно вырасти на треть к 2030 г., чтобы удовлетворить соответствующий спрос. К примеру, спрос на литий – сырьевой товар с наибольшим прогнозируемым разрывом между спросом и предложением – может, согласно интенсивному сценарию, вырасти в шесть раз до 500 килотонн к 2030 г., что потребует 50 новых месторождений среднего размера²²⁴. Популярность крупногабаритных моделей автомобилей SUV-сегмента (досл. спортивно-утилитарные автомобили, внедорожники, кроссоверы), на долю которых приходится более 60% всех моделей электрокаров в Китае, Европе и США²²⁵ и которым необходимы большие по размеру аккумуляторные батареи, также увеличивает спрос на сырьевые товары²²⁶.

Существуют и другие факторы, влияющие на спрос на полезные ископаемые. Если текущие высокие цены на сырьевые товары сохранятся, производство катодных материалов может перейти к менее ресурсоемким вариантам. Как было упомянуто выше, это уже происходит с фосфатом железа лития (LiFePO_4 , LFP), которому в качестве катода не требуется ни никеля, ни кобальта. Доля литий-железо-фосфатных аккумуляторов в глобальном предложении увеличилась более чем вдвое с 2020 г. из-за высоких цен на полезные ископаемые и благодаря технологическим инновациям. Развитие аккумуляторов с марганцевыми катодами и натрий-ионных аккумуляторов (натрия в природе очень много, сейчас он дешевле лития примерно в 100 раз²²⁷) могут еще больше снизить нагрузку на добывающую промышленность. Переработка отходов также может снизить спрос на полезные ископаемые, особенно после 2030 г.²²⁸

[news/metals/120120-chinese-dominance-of-drc-mining-sector-increases-economic-dependence-mines-chamber](https://ria.ru/20220708/litivy-1800963165.html) (дата обращения: 25.04.2023)

²²⁴ Global EV Outlook 2022. Ibid. P. 7.

²²⁵ Global EV Outlook 2023. Ibid. P. 10.

²²⁶ Global EV Outlook 2022. Ibid. P. 20–21.

²²⁷ Астапкович В. Литиевая ловушка: Россию оставили без стратегически важного металла // РИА Новости. [Электронный ресурс] URL: <https://ria.ru/20220708/litivy-1800963165.html> (дата обращения: 28.04.2023)

²²⁸ Global EV Outlook 2022. Ibid. P. 7.

Зарядная инфраструктура

К концу 2022 г. суммарное количество общедоступных (публичных) точек зарядки (*charging point*²²⁹) в мире достигло 2,7 млн шт., из которых только за 2022 г. было установлено 900 тыс. шт.²³⁰ Доля быстрых зарядок²³¹ составляет чуть больше 30%²³².

В Китае располагается более 50% всех медленных зарядок²³³ и 85% быстрых²³⁴. В стране отмечается неравномерность развития зарядной инфраструктуры: примерно 70% быстрых зарядок сосредоточено всего в десяти провинциях²³⁵.

Европа находится на втором месте по количеству медленных зарядок. Среди европейских стран первое место занимают Нидерланды (117 тыс. шт.), далее следуют Франция (74 тыс. шт.) и Германия (64 тыс. шт.). Суммарное количество быстрых зарядок в Европе сравнительно небольшое – 77 тыс. шт. (тогда как в Китае 760 тыс. шт.). Возглавляет европейский рейтинг по количеству быстрых зарядок Германия (более 12 тыс. шт.), Франция (9,7 тыс. шт.) и Норвегия (9 тыс. шт.)²³⁶. Процент быстрых зарядок отличается в зависимости от страны и колеблется в пределах от 3% в Нидерландах до 23% в Норвегии²³⁷.

В США функционирует 128 тыс. зарядных точек, на быстрые приходится около 22%²³⁸.

На городском уровне в топ-20 по количеству зарядных устройств для электромобилей входят 17 городов Китая, 2 европейских города (Амстердам и Роттердам) и 1 американский (Лос-Анджелес)²³⁹.

²²⁹ Точка зарядки (*charging point*), также называемая оборудованием для питания/зарядки электрических транспортных средств (*Electric Vehicle Supply Equipment, EVSE*), или просто зарядкой/зарядным устройством (*charger*), эквивалентна заправочному шлангу для традиционных автомобилей. Она обеспечивает зарядку электромобиля через один или несколько коннекторов (кабель, розетка). На электростанции (*charging station, ЭЗС*) может располагаться несколько точек зарядки. (What is an EVSE? // *driivz*. [Электронный ресурс] URL: <https://driivz.com/glossary/electric-vehicle-supply-equipment-evse/> (дата обращения: 10.02.2023)).

²³⁰ *Global EV Outlook 2023*. Ibid. P. 43.

²³¹ Медленные зарядки (*slow chargers*, или AC (зарядки переменного тока)) имеют мощность менее или равную 22 кВт. Быстрые зарядки (*fast chargers*, или DC (зарядки постоянного тока)) обладают мощностью до 150 кВт. Мощность ультрабыстрых зарядок (*ultra-fast chargers, DC*) превышает 150 кВт и может достигать 350 кВт. Ультрабыстрые зарядки являются разновидностью быстрых. (What's the difference between AC, DC, and ultra-fast charging // *JOLT*. [Электронный ресурс] URL: <https://jolt.energy/whats-the-difference-between-ac-dc-and-ultra-fast-charging/> (дата обращения: 10.02.2023))

²³² *Global EV Outlook 2022*. Ibid. P. 46.

²³³ *Global EV Outlook 2023*. Ibid. P. 43.

²³⁴ *Global EV Outlook 2022*. Ibid. P. 46.

²³⁵ *Global EV Outlook 2023*. Ibid. P. 44.

²³⁶ *Global EV Outlook 2023*. Ibid. P. 43, 44.

²³⁷ Hall D., Lutsey N. *Charging infrastructure in cities: Metrics for evaluating future needs*. – ICCT, 2020. – P. 4.

²³⁸ Рассчитано автором по: *Global EV Data Explorer* // IEA. [Электронный ресурс] URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/global-ev-data-explorer> (дата обращения: 04.05.2023)

²³⁹ Cui H., Ma R. *A statistical view of public charging infrastructure for electric vehicles in China through 2021*. – ICCT, 2023. – P. 3.

Управленческие органы и исследователи используют несколько метрик для оценки уровня развития зарядной инфраструктуры. В таблице 8 указаны наиболее часто применяемые показатели.

Таблица 8 – Стандартные метрики для оценки уровня развития публично доступной зарядной инфраструктуры и примеры

Метрика	Примеры
Количество зарядок	Германия: 1 млн публичных зарядных станций к 2030 г. Регион Иль-де-Франс (Франция): 12 тыс. зарядок к 2023 г.
Количество зарядок на 1 км ²	Баден-Вюртемберг (Германия): минимальное покрытие публичными зарядками в расчете 1 зарядка мощностью 20 кВт на каждые 10x10 км и 1 зарядка мощностью 55 кВт на каждые 20x20 км
Количество зарядок на 1 км дороги	Великобритания: 95% участков автомагистралей и дорог категории А ²⁴⁰ должны находиться в пределах 20 миль (~ 32 км) от зарядного устройства
Количество транспортных средств на 1 зарядку/ЭЭС	Франция: 10 электрических транспортных средств на 1 ЭЭС
Количество зарядок на 1 млн чел./100 тыс. чел./10 тыс. чел.	В Нидерландах наибольшее количество зарядок в Европе как в абсолютном выражении, так и в расчете на 1 млн человек (2 940 шт.) ²⁴¹
Радиус обслуживания на 1 км территории	Шэньчжэнь, город с самым высоким уровнем урбанизации в Китае (99,8%) достиг 100% покрытия/охвата зарядными устройствами при радиусе 2,6 км. Это означает, что радиус обслуживания в Шэньчжэне составляет 2,6 км, т. е. владелец электромобиля, находясь в любой точке города, может найти публичную зарядку в пределах 2,6 км. В Пекине и Чэнду, городах крупнее Шэньчжэня, но имеющих

²⁴⁰ Дорога категории А (A-road) – основной тип дорог в Великобритании, которые по ширине уступают только скоростным автомагистралям.

²⁴¹ Hall D., Lutsey N. (2020). Ibid. P. 6.

	более низкие показатели урбанизации, уровень охвата – 60% и 40% при радиусе около 4 км.
--	---

Источник: Hall D., Lutsey N. (2020). Ibid.; Cui H., Ma R. Ibid.

Развитие зарядной инфраструктуры имеет решающее значение для развития рынка электротранспорта. Рост продаж электрических транспортных средств может быть устойчивым только в случае, если спрос на доступную физически и по цене зарядную инфраструктуру будет удовлетворяться – это может быть достигнуто как за счет развития публичных ЭЗС, так и за счет увеличения количества зарядных устройств дома и на работе.

Различные типы организации зарядной инфраструктуры были проанализированы в работе С. Сачан и др. Они выделили следующие три типа:

1) Строительства новых линий электропередачи не требуется, т. к. зарядки устанавливаются в уже электрифицированных местах (дома, в торговых центрах, на работе, на парковках). Зарядные устройства должны поддерживать движение тока в обоих направлениях, чтобы сделать возможным применение технологии Vehicle-to-grid (V2G), суть которой состоит в двустороннем использовании электромобиля: электрокар подключают к общей энергосети для подзарядки, а лишнюю электроэнергию он отдает обратно.

2) Подразумевает большое количество зарядных устройств быстрого типа, но исключает возможность применения технологии V2G. Тратится меньше времени на зарядку, но требуются батареи большей емкости.

3) Владельцу электромобиля аккумуляторная батарея не принадлежит. Он получает полностью заряженную батарею взамен разряженной на специальных пунктах обмена (оформляется подписка). Благодаря этому снижается стоимость владения электромобилем. Батареи могут заряжаться на центральной станции, а затем транспортироваться к пунктам обмена, либо заряжаться прямо на пунктах обмена. Данный типа инфраструктуры требует меньше энергии, чем инфраструктура, представленная зарядными станциями быстрого типа, но необходимо обеспечить устойчивую связь с энергосетью на каждом пункте обмена²⁴².

Россия

Согласно «Концепции по развитию производства и использования электрического автомобильного транспорта в Российской Федерации на период до 2030 года» (далее – «Концепция»), к концу 1-го этапа развития рынка (2021–2024 гг.) должно производиться не менее 25 тыс. электрических транспортных средств и быть установлено не менее 9,4 тыс. зарядных станций (из них быстрых – не менее 2,9 тыс. шт.). К концу 2-го этапа (2025–2030 гг.) производство электротранспортных средств должно достичь уровня как минимум 10% от

²⁴² Sachan S., Deb S., Singh S.N. Different charging infrastructures along with smart charging strategies for electric vehicles // Sustainable Cities and Society. – 2020. – Vol. 60. – Pp. 1–12.

общего объема производства. Число ЭЗС должно возрасти до по крайней мере 72 тыс. шт., из которых быстрых – около 40%. Предполагается, что к 2030 г. доля электротранспортных средств, из которых существенная часть будет представлена легковыми частными и легкими коммерческими электромобилями, составит 15% от суммарного объема продаж²⁴³.

В 2022 г. в России было продано 2998 электромобилей²⁴⁴ – всего 0,4% от совокупного объема продаж²⁴⁵. В первом квартале 2023 г. продажи электромобилей выросли на 95% (до 1661 шт.) по сравнению с аналогичным периодом предыдущего года²⁴⁶, что составило уже 1,1% от совокупного объема продаж²⁴⁷. Теория диффузии инноваций, разработанная Э. Роджерсом, предполагает, что надо достичь хотя бы 2,5% от объема продаж, чтобы инновация распространилась среди «новаторов», которые, как правило, обладают достаточным количеством финансовых ресурсов и готовы рисковать, пробуя новое. 13,5% потребителей, купивших новый продукт, называются «ранними последователями», и они могут стать ролевой моделью для населения²⁴⁸. Если опираться на эти проценты, то ежегодно должно продаваться примерно 32 тыс. и 173 тыс. электромобилей (исходя из среднего объема продаж автомобилей за 2020–2022 гг.²⁴⁹). Если исходить из данных о продажах только за 2021 г.²⁵⁰ (год, когда рынок практически оправился от влияния пандемии новой коронавирусной инфекции и еще не подвергся воздействию масштабных санкций), то объемы продаж электромобилей должны составлять примерно 42 тыс. шт. и 225 тыс. шт. соответственно. Таким образом, для первоначального распространения электромобилей и формирования устойчивого спроса на них

²⁴³ Концепция по развитию производства и использования электрического автомобильного транспорта в Российской Федерации на период до 2030 года. Распоряжение Правительства РФ от 23.08.2021 № 2290-р. [Электронный ресурс] URL: <http://static.government.ru/media/files/bW9wGZ2rDs3BkeZHf7ZsaxnlbJzQbJJt.pdf> (дата обращения: 15.12.2021)

²⁴⁴ Лобода В. Рынок новых электромобилей в России в 2022 году установил рекорд // Автостат. [Электронный ресурс] URL: <https://www.autostat.ru/news/53604/> (дата обращения: 01.02.2023)

²⁴⁵ Рассчитано автором по: Лобода В. Рынок новых электромобилей в России в 2022 году установил рекорд // Автостат. [Электронный ресурс] URL: <https://www.autostat.ru/news/53604/> (дата обращения: 01.02.2023); Александров Д. Продажи новых автомобилей в России в 2022 году рухнули на 59% // Autonews. [Электронный ресурс] URL: <https://www.autonews.ru/news/63bfd4a69a7947f4bc1fd826> (дата обращения: 01.02.2023)

²⁴⁶ Продажи электрокаров в России в I квартале выросли в два раза // Ведомости. [Электронный ресурс] URL: <https://www.vedomosti.ru/auto/articles/2023/04/20/971821-prodazhi-elektrokarov-virosli> (дата обращения: 25.04.2023)

²⁴⁷ Рассчитано автором по: Продажи электрокаров в России в I квартале выросли в два раза // Ведомости. [Электронный ресурс] URL: <https://www.vedomosti.ru/auto/articles/2023/04/20/971821-prodazhi-elektrokarov-virosli> (дата обращения: 25.04.2023); Александров Д. Продажи новых автомобилей в России рухнули на 44,7% // Autonews. [Электронный ресурс] URL: <https://www.autonews.ru/news/642d2fd09a7947b6f9712635> (дата обращения: 25.04.2023)

²⁴⁸ Типология людей по критерию готовности к принятию новой информации // Социум. [Электронный ресурс] URL: <https://www.socium-a.ru/lifehack/article/tipologiya-lyudey-po-kriteriyu-gotovnosti-k-prinya-15957> (дата обращения: 01.02.2023); Семикашев В.В., Колпаков А.Ю., Яковлев А.А., Ростовский Й.-К. Развитие рынка электромобилей в России как необходимое условие получения выгод от глобального тренда на электрификацию транспорта // Проблемы прогнозирования. – 2022. – № 3. – С. 52–63.

²⁴⁹ Рассчитано автором по: Лобода В. Динамика продаж автомобилей по сегментам в 2020 году // Автостат. [Электронный ресурс] URL: <https://www.autostat.ru/infographics/47040/> (дата обращения: 01.02.2023); Александров Д. Продажи новых автомобилей в России в 2022 году рухнули на 59% // Autonews. [Электронный ресурс] URL: <https://www.autonews.ru/news/63bfd4a69a7947f4bc1fd826> (дата обращения: 01.02.2023)

²⁵⁰ Александров Д. Продажи новых автомобилей в России в 2022 году рухнули на 59% // Autonews. [Электронный ресурс] URL: <https://www.autonews.ru/news/63bfd4a69a7947f4bc1fd826> (дата обращения: 01.02.2023)

необходимо достичь объема ежегодных продаж в 32–42 тыс. шт. к 2024 г. и 173–225 тыс. шт. к 2030 г. в зависимости от динамики рынка.

Первый заместитель Председателя Правительства А. Белоусов описывает позитивный сценарий роста отечественного производства: в 2023 г. планируется увеличить выпуск электромобилей до 18 тыс. шт. (рост в 9 раз по сравнению с 2022 г.), а в 2024 г. – удвоить его, нарастив производство до 36 тыс. шт.²⁵¹, что превышает целевой показатель на 2024 г., указанный в «Концепции». Если, действительно, удастся произвести и выпустить на рынок около 36 тыс. электромобилей в 2024 г., то, согласно теории диффузии инноваций, минимально необходимый порог в 2,5% будет достигнут.

В целом, российский рынок электромобилей постепенно развивается: к 2023 г. в России было зарегистрировано почти 20,7 тыс. электромобилей²⁵² (0,05% от общего парка легковых автомобилей в стране²⁵³), что в 32 раза превышает показатель начала 2016 г. (Рисунок 13). Если в 2021 г. каждую неделю в среднем регистрировалось по 25 электромобилей, то к концу 2022 г. – уже по 180 электромобилей²⁵⁴. В марте 2023 г. россияне приобрели рекордных 702 новых электромобиля²⁵⁵. Среднегодовые темпы прироста российского парка электромобилей с 2016 по 2023 гг. составили 66,1%²⁵⁶, однако в абсолютном выражении темпы прироста в России значительно отстают от мировых лидеров. В Китае, который находится на первом месте в мире по числу электромобилей, среднегодовой прирост за данный промежуток времени составил почти 2 млн шт., в США, занимающих второе место – 365,7 тыс. шт., в Германии – 263 тыс. шт.²⁵⁷, а в России – всего 2,87 тыс. шт.²⁵⁸ Активная динамика роста количества электрокаров в России в последние годы главным образом объясняется эффектом низкой базы²⁵⁹.

²⁵¹ Андрей Белоусов провел стратегическую сессию по развитию электротранспорта в России // Министерство экономического развития Российской Федерации. [Электронный ресурс] URL: https://www.economy.gov.ru/material/news/andrey_belousov_provel_strategicheskuyu_sessiyu_po_razvitiyu_elektrotransporta_v_rossii.html (дата обращения: 01.02.2023); Барабошкина А.В., Кудрявцева О.В. Оценка конкурентоспособности российского электромобиля как обоснование необходимости стимулирования рынка электромобилей в России. Указ. раб. С. 273.

²⁵² Лобода В. Число зарегистрированных электромобилей в России превысило 20 тысяч // Автостат. [Электронный ресурс] URL: <https://www.autostat.ru/news/54027/> (дата обращения: 10.03.2023)

²⁵³ Рассчитано автором по: Мингазов С. Число легковых автомобилей впервые сократилось более чем в пяти регионах России // Forbes. [Электронный ресурс] URL: <https://www.forbes.ru/biznes/485397-cislo-legkovykh-avtomobilej-vpervye-sokratilos-bolee-chem-v-pati-regionah-rossii> (дата обращения: 01.02.2023)

²⁵⁴ Андрей Белоусов провел стратегическую сессию по развитию электротранспорта в России // Министерство экономического развития Российской Федерации. [Электронный ресурс] URL: https://www.economy.gov.ru/material/news/andrey_belousov_provel_strategicheskuyu_sessiyu_po_razvitiyu_elektrotransporta_v_rossii.html (дата обращения: 01.02.2023)

²⁵⁵ Число зарядных станций для электромобилей за год выросло вдвое // СИА. [Электронный ресурс] URL: https://sia.ru/?section=484&action=show_news&id=448605 (дата обращения: 26.04.2023)

²⁵⁶ Рассчитано автором по данным аналитического агентства «Автостат».

²⁵⁷ Рассчитано автором по: Global electric car stock, 2010–2021 // IEA. URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-electric-car-stock-2010-2021> (дата обращения: 25.05.2023)

²⁵⁸ Рассчитано автором по данным аналитического агентства «Автостат» (см. Рисунок 13).

²⁵⁹ Развитие электротранспорта потребует увеличения электрогенерации на 4,8 ТВт·ч / А. Курдин, В. Скрыбина, Д. Федоренко, С. Федоров // Энергетические тренды. – 2022. – № 110. – С. 3.

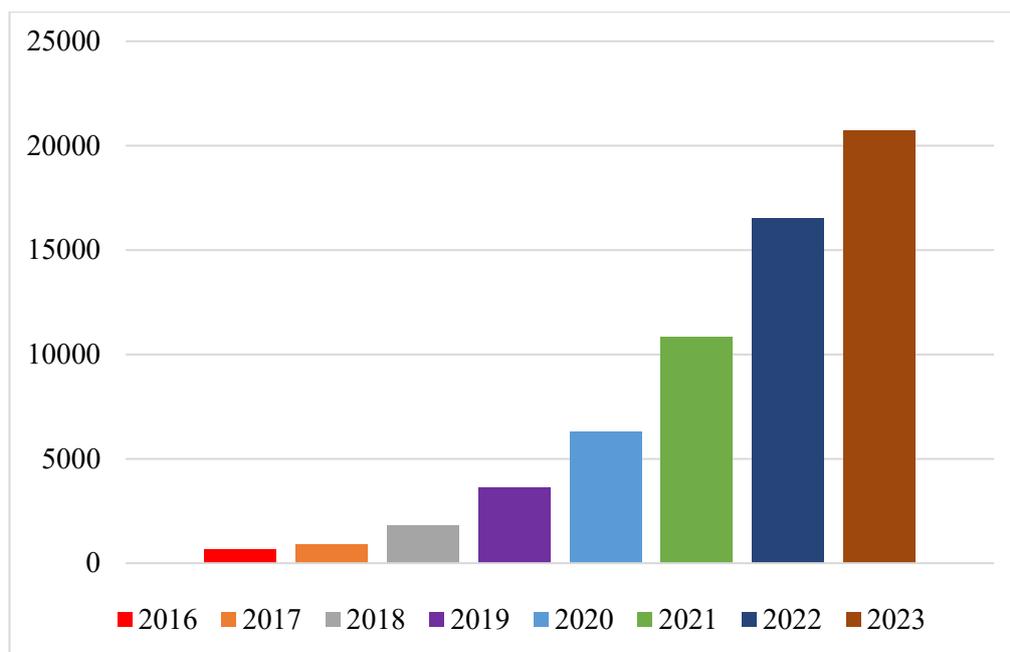


Рисунок 13 – Динамика парка электромобилей в России, шт.

Источник: Составлено автором по данным аналитического агентства «Автостат»²⁶⁰.

Москва является лидером по количеству зарегистрированных электромобилей. На начало 2023 г. в столице было зарегистрировано 3,4 тыс. электромобилей. Далее следуют Приморский край (1,7 тыс. шт.) – во многом благодаря близости к Японии, откуда импортируется Nissan Leaf²⁶¹, Иркутская область (1,64 тыс. шт.), Краснодарский край (1,37 тыс. шт.) и Московская область (1,19 тыс. шт.). На пятерку лидеров приходится около половины российского электромобильного парка. В топ-10 регионов также входят Санкт-Петербург, Хабаровский край, Новосибирская область, Красноярский край и Свердловская область, где насчитывается от 440 до 990 электромобилей²⁶².

²⁶⁰ Тимерханов А. Парк электромобилей в России на начало 2016 года // Автостат. [Электронный ресурс] URL: <https://www.autostat.ru/infographics/25457/> (дата обращения: 10.03.2023); Тимерханов А. В России насчитывается 920 электромобилей // Автостат. [Электронный ресурс] URL: <https://www.autostat.ru/news/29517/> (дата обращения: 10.03.2023); Тимерханов А. В России насчитывается 1,8 тыс. электрокаров // Автостат. [Электронный ресурс] URL: <https://www.autostat.ru/news/33405/> (дата обращения: 10.03.2023); Лобода В. В России числится 3,6 тысячи электрокаров // Автостат. [Электронный ресурс] URL: <https://www.autostat.ru/news/38371/> (дата обращения: 10.03.2023); Тимерханов А. В России зарегистрировано 6,3 тыс. электромобилей // Автостат. [Электронный ресурс] URL: <https://www.autostat.ru/news/42999/> (дата обращения: 10.03.2023); Тимерханов А. Количество электромобилей в России превысило 10 тысяч единиц // Автостат. [Электронный ресурс] URL: <https://www.autostat.ru/news/47243/> (дата обращения: 10.03.2023); Лобода В. В России насчитывается 16,5 тысячи электромобилей // Автостат. [Электронный ресурс] URL: <https://www.autostat.ru/infographics/51535/> (дата обращения: 10.03.2023); Лобода В. Число зарегистрированных электромобилей в России превысило 20 тысяч // Автостат. [Электронный ресурс] URL: <https://www.autostat.ru/news/54027/> (дата обращения: 10.03.2023)

²⁶¹ Сколько в России электромобилей и как развивается инфраструктура для них // Тинькофф Журнал. [Электронный ресурс] URL: <https://journal.tinkoff.ru/statistic-electrocars/> (дата обращения: 26.04.2023)

²⁶² Лобода В. Стали известны регионы РФ с наибольшим парком электромобилей // Автостат. [Электронный ресурс] URL: <https://www.autostat.ru/news/54079/> (дата обращения: 26.04.2023)

По данным аналитического агентства «Автостат», в российском автопарке маркой-лидером является Nissan (60% от совокупного числа электромобилей), далее с большим отставанием следует Tesla – 17%. В топ-5 вошли Porsche (4,6%), Audi (4,2%) и BMW (2,7%)²⁶³.

Рассмотрим рейтинг электромобилей в разрезе продаж. Россиянам доступны более чем 100 разных моделей, чему способствует их активный ввоз, в том числе за счет параллельного импорта. Среди электрокаров с пробегом лидером является Nissan Leaf²⁶⁴. По итогам апреля 2023 г. в сегменте новых электромобилей самыми популярными марками стали Volkswagen, Evolute и Tesla²⁶⁵. Электромобили под маркой Evolute выпускаются в Липецкой области на заводе «Моторинвест» с осени 2022 г.²⁶⁶ По данным «Автостата», за первые четыре месяца 2023 г. было продано 379 электрических седанов Evolute i-Pro и 173 электрических кроссовера Evolute i-Joy²⁶⁷. В декабре 2022 г. в Москве стартовали продажи электрического кроссовера «Москвич 3е», с 2023 г. «Москвич 3е» стал доступен в регионах²⁶⁸.

Зарядная инфраструктура

В России, по данным из совместного исследования «2ГИС», сервисов «2ГИС Про» и «Автотека» на апрель 2023 г. – почти 1,7 тыс. публичных зарядных станций²⁶⁹. При этом, по данным «Автостата» и 2chargers, в России насчитывается 3,3 тыс. публичных ЭЗС, из которых быстрых – 39%²⁷⁰. Согласно Росстату, в конце 2022 г. в России функционировало всего 574 ЭЗС²⁷¹. Такие разнородные данные о количестве ЭЗС могут быть обусловлены неодинаковой методологией подсчета: в одном случае в качестве объекта выступает заправочная станция, в другом – каждое зарядное устройство. Проблему можно решить, создав единый реестр статистического учета на федеральном уровне²⁷².

²⁶³ Лобода В. Число зарегистрированных электромобилей в России превысило 20 тысяч // Автостат. [Электронный ресурс] URL: <https://www.autostat.ru/news/54027/> (дата обращения: 10.03.2023)

²⁶⁴ Сколько в России электромобилей и как развивается инфраструктура для них // Тинькофф Журнал. [Электронный ресурс] URL: <https://journal.tinkoff.ru/statistic-electrocars/> (дата обращения: 26.04.2023)

²⁶⁵ Тимерханов А. Продажи новых электромобилей в апреле выросли в 5 раз // Автостат. [Электронный ресурс] URL: <https://www.autostat.ru/news/54587/> (дата обращения: 29.05.2023)

²⁶⁶ Будрина Л. Evolute i-Pro – самый популярный электрокар в России // Motor. [Электронный ресурс] URL: <https://motor.ru/news/evs-sales-russia-16-12-2022.htm> (дата обращения: 25.04.2023)

²⁶⁷ Трубин А. Стало известно количество проданных Evolute i-Pro и i-Joy // Autonews [Электронный ресурс]. URL: <https://autonews-ru.turbopages.org/autonews.ru/s/news/646f516e9a794753fdb31a70> (дата обращения: 29.05.2023)

²⁶⁸ Будрина Л. В каких городах появились электрические «Москвичи»: список // Motor. [Электронный ресурс] URL: <https://motor.ru/news/moskvich-ev-regions-16-02-2023.htm> (дата обращения: 25.04.2023)

²⁶⁹ В РФ количество ЭЗС для электромобилей за год выросло в два раза – до 1 664 штук // Энергетика и промышленность России. [Электронный ресурс] URL: <https://www.eprussia.ru/news/base/2023/2052189.htm> (дата обращения: 25.04.2023)

²⁷⁰ Количество электрозаправок в РФ за год удвоилось // Переток. ру. [Электронный ресурс] URL: <https://peretok.ru/news/strategy/26157/> (дата обращения: 25.04.2023)

²⁷¹ Количество автозаправочных станций (АЗС) по субъектам Российской Федерации за 2022 год // Федеральная служба государственной статистики. [Электронный ресурс] URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/transport> (дата обращения: 29.05.2023)

²⁷² Развитие электротранспорта потребует увеличения электрогенерации на 4,8 ТВт-ч. Указ. раб. С. 4.

На одну публичную ЭЗС, исходя из вышеупомянутого количества зарегистрированных в России на начало 2023 г. электромобилей, приходится от 6 до 36 электромобилей. Вероятно, 6 электромобилей может приходиться на 1 общедоступное зарядное устройство, а не ЭЗС. Эта цифра близка к среднемировому показателю (9,6 электромобилей на одну зарядку) и практически совпадает с показателем Китая²⁷³.

Важно отметить, что в России, во-первых, пока мало публичных зарядных устройств с учетом населения страны: 2,25 шт. на 100 тыс. населения²⁷⁴. Для сравнения: в 2021 г. в Китае было 81,2 публичных зарядок на 100 тыс. населения, в США – 34,3 шт.²⁷⁵ Во-вторых, более половины зарядных станций расположено на дорогах местного значения, что сильно затрудняет использование электромобилей в поездках на дальние расстояния²⁷⁶.

В разрезе субъектов федерации, по оценкам «Автостата» и 2chargers, лидерами по числу ЭЗС являются Москва, Московская область, Краснодарский край, Республика Татарстан и Санкт-Петербург²⁷⁷.

На городском уровне, по данным «2ГИС», сервисов «2ГИС Про» и «Автотека» на апрель 2023 г., по количеству публичных зарядных станций лидирует Москва – 300 шт. Зарядные станции в столице расположены сравнительно равномерно и удовлетворяют текущий спрос²⁷⁸. На официальном сайте Мэра Москвы указано, что в Москве по состоянию на март 2023 г. установлено около 400 зарядных станций для электромобилей и 200 ультрабыстрых зарядных станций для электробусов²⁷⁹. За Москвой следует Южно-Сахалинск, где установлено 112 ЭЗС. В топ-5 также входят Красноярск (96 ЭЗС), Санкт-Петербург (92 ЭЗС) и Казань (57 ЭЗС)²⁸⁰.

²⁷³ Trends in charging infrastructure // IEA. [Электронный ресурс] URL: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2022/trends-in-charging-infrastructure> (дата обращения: 25.04.2023)

²⁷⁴ Согласно данным Росстата, численность населения России составляет 146,4 млн человек. (Численность населения // Федеральная служба государственной статистики. [Электронный ресурс] URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/12781> (дата обращения: 25.04.2023))

²⁷⁵ Рассчитано автором по: Trends in charging infrastructure // IEA. [Электронный ресурс] URL: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2022/trends-in-charging-infrastructure> (дата обращения: 25.04.2023); Population, total // The World Bank. [Электронный ресурс] URL: <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL> (дата обращения: 25.04.2023))

²⁷⁶ Развитие электротранспорта потребует увеличения электрогенерации на 4,8 ТВт-ч. Указ. раб. С. 4.

²⁷⁷ В РФ количество ЭЗС для электромобилей за год выросло в два раза – до 1 664 штук // Энергетика и промышленность России. [Электронный ресурс] URL: <https://www.eprussia.ru/news/base/2023/2052189.htm> (дата обращения: 25.04.2023)

²⁷⁸ Число зарядных станций для электромобилей за год выросло вдвое // СИА. [Электронный ресурс] URL: https://sia.ru/?section=484&action=show_news&id=448605 (дата обращения: 25.04.2023)

²⁷⁹ Сергей Собянин принял решение о создании центра исследования и разработки в области электротранспортных средств // Официальный сайт Мэра Москвы. [Электронный ресурс] URL: <https://www.mos.ru/mayor/themes/2299/9160050/> (дата обращения: 25.04.2023)

²⁸⁰ В РФ количество ЭЗС для электромобилей за год выросло в два раза – до 1 664 штук // Энергетика и промышленность России. [Электронный ресурс] URL: <https://www.eprussia.ru/news/base/2023/2052189.htm> (дата обращения: 25.04.2023)

Москва лидирует и по другим категориям электрического транспорта: город занимает первое место в Европе по количеству электробусов – 1055 шт.²⁸¹ В 2023 г. Москва может стать городом с самым большим в мире парком прокатных электросамокатов, обогнав Берлин и Сеул, где их насчитывается примерно по 50 тыс. шт.²⁸²

Для оценки уровня развития зарядной сети в Москве используем данные с официального сайта Мэра Москвы – 400 ЭЗС. Тогда, исходя из вышеупомянутого количества электромобилей в Москве, на одну ЭЗС приходится 8,5 электромобилей. На 100 тыс. населения приходится примерно 26 ЭЗС²⁸³, что существенно больше, чем в целом по России. Для сравнения в таблице 9 представлены данные по городам мира.

Таблица 9 – Количество ЭЗС в абсолютном выражении и в расчете на 100 тыс. населения, 2022 г.

Город	Количество ЭЗС, шт.	Количество ЭЗС в расчете на 100 тыс. населения, шт.
Лондон	8 959	62,8
Лос-Анджелес	5 637	43
Берлин	1 161	18,9
Париж	2 047	13,9
Нью-Йорк	2 418	12,6
Мадрид	816	12,6
Бангкок	398	3,7
Токио	924	2,4
Сидней	65	1,2
Нью-Дели	229	1,2

²⁸¹ Сергей Собянин принял решение о создании центра исследования и разработки в области электротранспортных средств // Официальный сайт Мэра Москвы. [Электронный ресурс] URL: <https://www.mos.ru/mayor/themes/2299/9160050/> (дата обращения: 25.04.2023)

²⁸² Москва станет мировым лидером по числу прокатных электросамокатов в 2023 году // 3DNews. [Электронный ресурс] URL: <https://3dnews.ru/1083651/moskva-stanet-mirovim-liderom-po-chislu-prokatnih-elektrosamokatov-v-2023-godu> (дата обращения: 25.04.2023)

²⁸³ Согласно данным Росстата, численность населения г. Москвы составляет 13,1 млн. чел. (Оценка численности постоянного населения г. Москвы на 1 января 2022–2023 годов и в среднем за 2022 год по муниципальным образованиям // Федеральная служба государственной статистики. [Электронный ресурс] URL: <https://77.rosstat.gov.ru/folder/64634> (дата обращения: 25.04.2023))

Источник: We're mapping EV charging stations in cities across the world. How do they compare? // here. [Электронный ресурс] URL: <https://www.here.com/learn/blog/ev-charging-infrastructure-worldwide> (дата обращения: 25.04.2023)

Число ЭЗС в расчете на 100 тыс. человек в Лондоне и Лос-Анджелесе выше, чем в Москве, в 2,4 и 1,7 раза соответственно, однако это не означает, что в Москве недостаточно зарядных станций. Наоборот, российские операторы ЭЗС отмечают, что сталкиваются с убыточностью в том числе из-за небольшого количества клиентов²⁸⁴. Поэтому при сопоставлении количества ЭЗС в расчете на 100 тыс. населения также необходимо обращать внимание на размер парка электромобилей. В Лондоне и Лос-Анджелесе зарегистрировано более 48,5 тыс.²⁸⁵ и 62,8 тыс. электромобилей²⁸⁶, что в 14,3 и 18,5 раз больше, чем в Москве.

Производство

Для России развитие электротранспорта – одно из приоритетных направлений по созданию добавленной стоимости. Хотя производство электромобилей в России находится на этапе становления, сделано уже немало. Заключено несколько специальных инвестиционных контрактов, согласно которым инвесторы берут на себя обязательства по производству электромобилей. В марте 2022 г. первый в стране СПИК 2.0 подписала компания «Моторинвест», производство которой расположено в Липецкой области. «Моторинвест» обязался до 2033 г. инвестировать в производство электромобилей более 13 млрд руб. и произвести более 242 тыс. электромобилей пяти моделей. «Моторинвест» работает совместно с китайскими партнерами и выпускает, как уже было упомянуто выше, электромобили под маркой Evolute. Пока предприятие занимается промышленной сборкой, затем уровень локализации будет повышаться²⁸⁷.

Мэр Москвы С. Собянин в 2023 г. заявил о том, что в столице будет создан специализированный центр исследований и разработки в области электротранспорта, технологическую базу которого составит НИИ «Мостранспроект». Центр разработает универсальную платформу электротранспорта с применением отечественных компонентов, что будет важным шагом к локализации производства. На заводе «Москвич» в 2025–2026 гг. также

²⁸⁴ Операторы зарядных станций для электромобилей в РФ столкнулись с убыточностью из-за небольшого количества клиентов // Хабр. [Электронный ресурс] URL: <https://habr.com/ru/news/721450/> (дата обращения: 25.04.2023)

²⁸⁵ How many electric cars are in London? // Jerry. [Электронный ресурс] URL: <https://getjerry.com/questions/how-many-electric-cars-are-in-london> (дата обращения: 25.04.2023)

²⁸⁶ How many electric cars are in Los Angeles? // Jerry. [Электронный ресурс] URL: <https://getjerry.com/questions/how-many-electric-cars-are-there-in-los-angeles> (дата обращения: 25.04.2023)

²⁸⁷ Ульянов Н. Россию заряжают на электродвижение // Эксперт. – 2022. – № 36. – С. 30–34.

планируется создать собственную платформу для производства электромобилей и использовать преимущественно отечественные комплектующие²⁸⁸.

Утверждены требования по локализации к зарядкам. Все производители зарядок на территории страны подтвердили готовность соответствовать этим требованиям²⁸⁹.

Приоритетным направлением является и высокая степень локализации ключевых компонентов электромобиля. «Росатом» в лице компании «Рэнера» построит в Калининградской области в 2025 г. масштабный российский завод мощностью 4 ГВт·ч в год, который будет обеспечивать отечественных производителей электрических транспортных средств тяговыми литий-ионными батареями, а электроэнергетику – стационарными системами накопления энергии²⁹⁰.

2.2. Барьеры развития электрического автомобильного транспорта

Исследователи по всему миру изучают динамику рынков электрического транспорта в различных странах, регионах и городах и выявляют потенциальные барьеры на пути их внедрения. На основании проанализированных источников можно выделить шесть категорий барьеров²⁹¹. Ниже представим характеристику каждого.

1) *Технические барьеры.*

Во многих исследованиях в качестве ограничений технического характера указываются сравнительно длительное время зарядки и ограниченный запас хода электромобилей, что может усугубляться недостаточной степенью развития зарядной инфраструктуры. При этом важно отметить, что по мере развития электромобилей появляется все больше моделей с увеличенным запасом хода. Например, электрический седан Lucid Air Pure 2023 г. выпуска может проехать 660 км на одной зарядке²⁹². Распространение ультрабыстрых зарядных устройств может помочь

²⁸⁸Сергей Собянин принял решение о создании центра исследования и разработки в области электротранспортных средств // Официальный сайт Мэра Москвы. [Электронный ресурс] URL: <https://www.mos.ru/mayor/themes/2299/9160050/> (дата обращения: 25.04.2023)

²⁸⁹ Ульянов Н. Указ раб.

²⁹⁰ Группа «Россети» готова обеспечить первую в России «гигафабрику» надежной электросетевой инфраструктурой // Рэнера. [Электронный ресурс] URL: <https://renera.ru/news/Gruppa%20%20%20Rosseti%20%20%20gotova%20obespechit%20pervuyu%20v%20Rossii%20%20%20Abgigafabriku%20%20%20nadezhnoj%20elektrosetevoj%20infrastrukuroj/> (дата обращения: 26.04.2023); Росатом построит завод по производству литий-ионных ячеек и систем накопления энергии в Калининградской области // Рэнера. [Электронный ресурс] URL: <https://renera.ru/news/rosatompostroitstavod/> (дата обращения: 26.04.2023); Барабошкина А.В., Кудрявцева О.В. Оценка конкурентоспособности российского электромобиля как обоснование необходимости стимулирования рынка электромобилей в России. Указ. раб. С. 280.

²⁹¹ Bieresselioglu M.E., Kaplan M.D., Yilmaz B.K. Electric mobility in Europe: A comprehensive review of motivators and barriers in decision making processes // Transportation Research Part A: Policy and Practice. – 2018. – Vol. 109. – Pp. 1-13; Tarei P.K., Chand P., Gupta H. Barriers to the adoption of electric vehicles: Evidence from India // Journal of Cleaner Production. – 2021. – Vol. 291. – Pp. 1-19; Best practices in electric mobility. – Vienna: United Nations Industrial Development Organization, 2020. – 84 p.

²⁹² 2023 Lucid Air: EPA Range, Efficiency And Price Overview // InsideEVs. [Электронный ресурс] URL: [https://insideevs.com/news/667325/2023-lucid-air-epa-range-efficiency-price/#:~:text=The%20Lucid%20Air%20Pure%20AWD,%2Dhour%20\(kWh\)%20battery](https://insideevs.com/news/667325/2023-lucid-air-epa-range-efficiency-price/#:~:text=The%20Lucid%20Air%20Pure%20AWD,%2Dhour%20(kWh)%20battery) (дата обращения: 22.05.2023)

существенно сократить время, затрачиваемое на зарядку. Так, ультрабыстрая зарядка мощностью 350 кВт способна обеспечить запас хода до 217 миль (~ 349 км) всего за 10 минут²⁹³.

Негативное влияние оказывает чувствительность электротранспорта к погодным условиям. Холод и слишком жаркая погода отрицательно влияют на запас хода электрического транспортного средства. Например, при температуре минус 20°C запас хода сокращается примерно на 50 % от заявленного производителем, что может осложнять использование электрокаров в районах Крайнего Севера²⁹⁴.

Проблемой остается утилизация использованных батарей (*подробнее см. в Главе 1, п. 1.2*).

2) *Инфраструктурные барьеры.*

Недостаточное количество зарядных станций является одной из главных проблем, препятствующих развитию электротранспорта. В России они в основном пока сконцентрированы в крупных городах, что практически исключает возможность использования электрокара для длительных междугородних перемещений. С другой стороны, проблемой может являться несоответствие темпов распространения ЭЭС и роста количества владельцев электромобилей внутри городов, что негативно влияет на рентабельность зарядных станций. Недостаток или отсутствие сервисных центров также является тормозящим фактором.

3) *Экономические (финансовые) барьеры.*

Более высокие первоначальные затраты на электромобиль (цена покупки, цена домашнего зарядного устройства) по сравнению с традиционным автомобилем являются одним из главных препятствий.

Колебание цен на нефть и электроэнергию также могут являться препятствием. Если цены на нефть низкие, а цены на электроэнергию растут, то эксплуатационные затраты увеличиваются, что еще больше снижает конкурентоспособность электротранспорта.

Еще одной проблемой является высокая потеря первоначальной стоимости электромобиля: электромобили теряют сравнительно большую долю стоимости главным образом из-за быстрого технологического прогресса. Многие потенциальные покупатели опасаются ограниченного срока службы батареи и того, что расходы на ее замену сделают потенциально более низкие эксплуатационные издержки выше тех, которые возникают при

²⁹³ How long does electric vehicle (EV) charging take? // FleetNews. [Электронный ресурс] URL: <https://www.fleetnews.co.uk/fleet-faq/how-long-does-electric-vehicle-ev-charging-take> (дата обращения: 22.05.2023)

²⁹⁴ Мальцева А. Почему электромобиль экологичнее, чем принято думать // Ведомости. [Электронный ресурс] URL: <https://www.vedomosti.ru/partner/articles/2021/09/30/888978-elektromobil-ekologichnee> (дата обращения: 23.01.2022); Барабошкина А.В., Кудрявцева О.В. Оценка конкурентоспособности российского электромобиля как обоснование необходимости стимулирования рынка электромобилей в России. Указ. раб. С. 273.

владении традиционным автомобилем. Например, при цене батареи в 138 долл./кВт-ч²⁹⁵ и емкости батареи Nissan Leaf в 40 кВт-ч, батарея будет стоить 5520 долларов, что составляет около 20% от рекомендованной розничной цены электромобиля²⁹⁶.

4) Недостаточный уровень осведомленности населения (поведенческие барьеры)

Не все люди осведомлены об экологических преимуществах электромобилей. У потенциальных покупателей также могут присутствовать сомнения относительно степени безопасности, надежности электромобилей, что влияет на их решение о покупке. Ч.-Ю. Шэ и др., проанализировав восприятие электромобилей в китайском обществе, выявили, что безопасность, надежность и запас хода являются тремя главными пунктами, вызывающими беспокойство у потенциальных покупателей²⁹⁷. Также потребители могут не знать о существующих государственных и городских программах стимулирования.

В настоящее время в России наблюдается тенденция к росту осведомленности населения и увеличению спроса на электромобили. Согласно всероссийскому опросу, проведенному на автомобильном интернет-портале «Дром» в 2021 г., 63% респондентов хотели бы приобрести электромобиль в ближайшие пару лет. При этом из них только 12% реально рассматривают покупку, остальные 51% хотели бы купить автомобиль с электродвигателем, но пока их останавливают высокая цена электромобиля и маленький выбор, а также недостаточное количество зарядных станций²⁹⁸. Согласно данным опроса ВЦИОМ от 2021 г., 42% россиян выбрали бы электромобиль в гипотетической ситуации покупки нового автомобиля. Самым популярным аргументом в пользу электромобиля среди опрошенных стала его экологичность, далее с большим отрывом последовала высокая цена на бензин²⁹⁹.

5) Барьеры, связанные с обеспеченностью электроэнергией.

В России, согласно прогнозам Московского автомобильно-дорожного института (МАДИ), не ожидается проблем с нехваткой электроэнергии для зарядки электромобилей. Согласно Энергетической стратегии РФ, в России в 2035 г. должно быть выработано 1076 млрд кВт-ч электроэнергии, что в 18,5 раз больше, чем может потребоваться в этот год для автомобильного электротранспорта³⁰⁰. При этом важно рассматривать ситуацию в отдельных

²⁹⁵ Lithium-ion Battery Pack Prices Rise for First Time to an Average of \$151/kWh // BloombergNEF. [Электронный ресурс] URL: <https://about.bnef.com/blog/lithium-ion-battery-pack-prices-rise-for-first-time-to-an-average-of-151-kwh/> (дата обращения: 10.01.2023)

²⁹⁶ Официальный сайт Nissan. [Электронный ресурс] URL: <https://www.nissanusa.com/vehicles/electric-cars/leaf.html> (дата обращения: 10.01.2023)

²⁹⁷ She Z.-Y. et al. What are the barriers to widespread adoption of battery electric vehicles? A survey of public perception in Tianjin, China // Transport Policy. – 2017. – Vol. 56. – Pp. 29-40.

²⁹⁸ Готовы ли вы купить электромобиль в ближайшие пару лет? // Дром. [Электронный ресурс] URL: <https://www.drom.ru/poll.php?pollid=896> (дата обращения: 15.01.2022)

²⁹⁹ Зачем России электромобили: драйверы развития и перспективы внедрения / П.Н. Нетреба [и др.]; под ред. П.Н. Нетребы, П.В. Орехина. – М.: НИУ ВШЭ, 2022. – С. 14.

³⁰⁰ Научно обоснованный прогноз адаптации сектора автомобильного транспорта к вероятным последствиям изменения климата и возможные сценарии его декарбонизации в Российской Федерации. Указ. раб. С. 73–74.

мегаполисах, где спрос на электротранспорт будет больше. Например, московские операторы ЭЭС уже жалуются на нехватку доступных сетевых мощностей. В связи с этим городские власти рассматривают возможности снижения стоимости услуги технологического присоединения. Также предлагается уменьшить сроки подключения к сетям – не более двух месяцев от подачи заявки до подключения³⁰¹.

б) Внешние барьеры.

К внешним барьерам можно отнести регуляторные барьеры (недостаточная проработанность нормативно-правовой базы, отсутствие или недостаточный объем мер поддержки) и барьеры, связанные с ограниченностью запасов ресурсов и неравномерностью их распределения.

Россия обладает хорошими запасами отдельных компонентов литий-ионных батарей: около 10% мировых объемов никеля и 3% кобальта производятся компанией «Норильский никель». В то же время важно отметить, что хотя Россия располагает довольно крупной сырьевой базой редких металлов, в частности запасами лития, но из-за расположения ресурсов в труднодоступных местах и отсутствия полной цепочки по переработке материалов большую часть компонентов страна вынуждена импортировать³⁰².

В целом, можно выделить несколько ключевых барьеров, которые препятствуют развитию рынка электромобилей в России и требуют разработки инструментов для их преодоления:

- Недостаточные масштабы производства отечественных электромобилей;
- Низкая конкурентоспособность электромобилей из-за высоких первоначальных затрат и крайне низкая доля электромобилей в российском автопарке;
- Невысокий уровень развития зарядной инфраструктуры.

2.3. Инструменты поддержки электрического автомобильного транспорта в мире и России

Во многих странах государственная поддержка электротранспорта существует достаточно длительное время: например, в Норвегии первые инициативы появились еще в 1990-е гг.³⁰³ Поэтому к настоящему времени оформился богатый набор инструментов и лучших практик реализации мер поддержки (стимулирования) в данной сфере.

³⁰¹ Велика Россия, а заряжать нечего // Коммерсантъ. [Электронный ресурс] URL: <https://www.kommersant.ru/doc/5864485> (дата обращения: 15.04.2023)

³⁰² Перспективы развития рынка электротранспорта и зарядной инфраструктуры в России: экспертно-аналитический доклад / Д.В. Санатов [и др.]; под ред. А.И. Боровкова, В.Н. Княгинина. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2021. – С. 33–34.

³⁰³ Norwegian EV policy // Norsk elbilforening. [Электронный ресурс] URL: <https://elbil.no/english/norwegian-ev-policy/> (дата обращения: 12.06.2022)

Все меры поддержки можно сгруппировать исходя из того, решению каких проблем они способствуют. В предыдущем параграфе мы выделили ключевые барьеры, препятствующие развитию электрического автомобильного транспорта в России. Теперь рассмотрим зарубежные меры стимулирования и примеры их реализации в рамках каждого барьера. *Первая группа мер (стимулирование производства)* включает инициативы, направленные на расширение масштабов собственного производства электрических транспортных средств. *Вторая группа мер (стимулирование спроса)* включает финансовые и нефинансовые инициативы, направленные на повышение конкурентоспособности электротранспорта и увеличение его доли в автопарке. *Третья группа мер (стимулирование развития зарядной инфраструктуры)* связана с повышением темпов и качества развития зарядной инфраструктуры.

Первая группа мер

Наложение обязательств по реализации определенного количества электрических транспортных средств

В Калифорнии с 1990 г. действует, претерпевая изменения, система мандатов на транспортные средства (ТС) с нулевыми выбросами (ZEV³⁰⁴ mandates). Производители с объемом продаж более 4500 ТС в год обязаны выполнять требования, основанные на ZEV-кредитах, т. е. баллах, которые автопроизводители получают за реализацию BEV, FCEV и PHEV (TZEV³⁰⁵)³⁰⁶. Необходимый автопроизводителю объем ZEV-кредитов представляет собой установленный правительством процент (в 2023 г. – 17%) от среднего за 3 года объема произведенных и выставленных на продажу ТС. За одно проданное ТС с нулевым уровнем выбросов максимально можно получить четыре ZEV-кредита³⁰⁷.

Китайская политика «двойного кредита» (краткое название «*Постановления о регулировании параллельного управления кредитами за средний корпоративный расход топлива (CAFC) и транспортные средства на новых источниках энергии (NEV)*») частично базируется на калифорнийской системе и реализуется с 2018 г. От автопроизводителей требуется не только выполнять обязательства по выпуску транспортных средств на новых источниках энергии

³⁰⁴ ZEV (zero-emission vehicles) – транспортные средства с нулевыми выбросами.

³⁰⁵ В Калифорнии подзаряжаемые гибриды относятся к «переходным» транспортным средствам с нулевыми выбросами (Transitional ZEV, TZEV). В отношении них установлены определенные критерии, которым необходимо соответствовать для получения ZEV-кредитов (Rokadiya S., Yang Z. Overview of global zero-emission vehicle mandate programs. – ICCT, 2019. – 15 p.)

³⁰⁶ Rokadiya S., Yang Z. Ibid.

³⁰⁷ United States: California: Light-Duty ZEV Emission Standard // Emission Standards. [Электронный ресурс] URL: https://dieselnet.com/standards/us/ca_zev.php (дата обращения: 17.02.2023)

(НИЭ), но и продавать определенное количество традиционных транспортных средств в соответствии с установленными нормами среднего корпоративного расхода топлива. Если они перевыполняют установленные показатели, то получают дополнительные кредиты (баллы), если наоборот – то образуется их дефицит. Кредиты за NEV могут использоваться, чтобы компенсировать недостаток кредитов за CAFC, но не наоборот. У автомобилей на НИЭ низкий или нулевой расход топлива, поэтому это автоматически снижает средний по автопарку производителя расход топлива и помогает выполнить установленный норматив. Почти 80% автомобилей на НИЭ в Китае – это полностью электрические автомобили³⁰⁸.

В Китае требования к стандартам экономии топлива постоянно ужесточаются, поэтому в последние годы совокупный дефицит кредитов за CAFC возростал. Автопроизводители были вынуждены использовать кредиты за NEV или покупать кредиты у других автопроизводителей. Средняя по автопарку норма расхода топлива продолжит снижаться: с 5 л/100 км в 2020 г. до 4 л/100 км в 2025 г., поэтому растущий спрос на кредиты за CAFC будет мотивировать производить все больше автомобилей на НИЭ³⁰⁹. Это, с одной стороны, оказывает положительное влияние на развитие рынка электромобилей. С другой стороны, однонаправленный поток кредитов является антистимулом для улучшения характеристик традиционных моделей автомобилей.

Вторая фаза политики «двойного кредита» стартовала в 2021 г. Общая структура политики осталась прежней, но в то же время произошли некоторые изменения. Во-первых, целевой процент необходимых кредитов за NEV увеличился с 12% в 2020 г. до 18% в 2023 г. Это означает, что если суммарный объем реализованных традиционных автомобилей с ДВС составляет 30 тыс. шт. (от производителя требуется получить определенное количество кредитов, если он ежегодно продает по крайней мере 30 тыс. автомобилей с ДВС, произведенных внутри страны или импортированных³¹⁰), то автопроизводителю необходимо набрать 5,4 тыс. кредитов за NEV (18% x 30000). Если для упрощения расчетов сделать допущение, что за каждый автомобиль на НИЭ дается 2 кредита³¹¹, то тогда потребуется реализовать не менее 2,7 тыс. таких транспортных средств. Кроме того, ужесточились требования к техническим характеристикам автомобилей на НИЭ: теперь бóльшую роль играет дальность пробег на одной зарядке, учитываются плотность энергии батареи, расход

³⁰⁸ Chen Z., He H. How will the dual-credit policy help China boost new energy vehicle growth? // ICCT. [Электронный ресурс] URL: <https://theicct.org/china-dual-credit-policy-feb22/> (дата обращения: 17.06.2022)

³⁰⁹ Там же.

³¹⁰ Jin L., Chu Y., Wang X. Accelerating new energy vehicle uptake in Chinese cities. Assessment of policies for private passenger cars in leading city markets. – ICCT, 2023. – 26 p.

³¹¹ Значение кредита за NEV зависит от нескольких характеристик машины. Максимально возможный кредит за полностью электрический автомобиль – 5,1; за подзаряжаемый гибрид – 1,6; за автомобиль на водородных топливных элементах – 6 (The second phase of China's new energy vehicle mandate policy for passenger cars. – ICCT, 2021. – 10 p.)

электроэнергии и снаряженная масса³¹². Во-вторых, была решена проблема, связанная с топливной эффективностью. Если автопроизводитель выпускает некоторое количество традиционных автомобилей с низким расходом топлива, то общее количество традиционных автомобилей, используемое при расчете кредитов за NEV, уменьшается. При этом применяется специальный коэффициент, который последовательно снижается (коэффициент снизился с 0,5 в 2021 г. до 0,2 в 2023 г.). Допустим, что реализовано 2 тыс. автомобилей с высокой топливной эффективностью, тогда необходимое число кредитов за NEV, рассчитанное по формуле $((18\% \times (30000 - 2000 + 2000 \times 0,2))$), составит 5112 шт., или 2556 автомобилей на НИЭ вместо вышеуказанных 2,7 тыс. шт. Также автопроизводители, чей средний по парку расход топлива не превышает норму на 123%, могут переносить до 50% кредитов за автомобили на НИЭ на следующие три года, тогда как ранее они могли переносить их полностью, но только на один год³¹³. Благодаря этому у производителей появились стимулы улучшать топливные характеристики традиционных моделей машин. Таким образом была создана более гибкая и сбалансированная модель политики «двойного кредита».

Финансовая поддержка новых технологий

Штат Нью-Йорк оказывает финансовую и техническую поддержку частным лицам и компаниям, предоставляя гранты на разработку новых продуктов в области электрификации транспорта³¹⁴. Так, на сайте Управления энергетических исследований и разработок штата Нью-Йорк (New York State Energy Research and Development Authority, NYSERDA) есть программа *Призы за чистый транспорт Нью-Йорка*. В рамках одного из представленных проектов программы предлагается три денежных приза размером до 7 млн долл. каждый, которые присуждаются проектам, демонстрирующим инновационные, безопасные и удобные решения в области электрической мобильности и удовлетворяющим транспортные потребности групп населения, находящихся в неблагоприятных условиях³¹⁵.

Вторая группа мер

Предоставление субсидий на покупку электрических транспортных средств

Во многих исследованиях отмечается, что более высокие первоначальные затраты на приобретение электромобилей по сравнению с традиционными аналогами являются одним из главных барьеров на пути развития рынка электротранспорта. Поэтому финансовые стимулы, направленные на снижение первоначальных расходов, широко применяются в США,

³¹² Снаряженная масса – масса автомобиля без нагрузки.

³¹³ The second phase of China's new energy vehicle mandate policy for passenger cars. Ibid.

³¹⁴ Menon A., Yang Z., Bandivadekar A. Electric Vehicle Guidebook for Indian States // ICCT, 2019. – 56 p.

³¹⁵ New York Clean Transportation Prizes // NYSERDA. [Электронный ресурс] URL: <https://www.nyserda.ny.gov/All-Programs/New-York-Clean-Transportation-Prizes> (дата обращения: 17.06.2022); Bold Solutions for a Cleaner New York // New York Clean Transportation Prizes. [Электронный ресурс] URL: <https://www.electricmobilitychallenge.org/> (дата обращения: 17.06.2022)

европейских и азиатских странах³¹⁶. По оценкам Ш. Ли и др., субсидии для потребителей объясняют более половины продаж электромобилей и подзаряжаемых гибридов в 150 городах Китая в 2015–2018 гг. В этот период средний размер субсидии из центрального бюджета КНР составлял 34,6 тыс. юаней, средний размер местной субсидии – 9,8 тыс. юаней. Совокупный размер субсидии в среднем достигал 44,4 тыс. юаней на машину, или 26% от рекомендованной розничной цены. В отдельных случаях размер субсидии мог достигать 73% от рекомендованной розничной цены. В целом за период с 2015 по 2018 гг. на центральном и местном уровнях было выделено субсидий на сумму около 55 млрд юаней³¹⁷.

В странах, где реализуется программа субсидирования покупки «зеленых» транспортных средств, максимальные размеры субсидий предоставляются на начальных этапах развития рынка, затем выплаты постепенно сокращаются, а требования к их получению могут усложняться. В Китае субсидия из центрального бюджета, которая начала повсеместно предоставляться покупателям транспортных средств на новых источниках энергии в 2013 г., прошла несколько этапов сокращения и ужесточения условий получения³¹⁸. Например, до 2016 г. размер субсидии зависел только от величины запаса хода электромобиля, в 2017–2018 гг. в качестве еще одного критерия была добавлена плотность энергии аккумуляторной батареи. В 2019 г. минимальная величина запаса хода электромобиля, необходимая для соответствия условиям получения субсидии, выросла со 150 км до 250 км³¹⁹, в 2020 г. – уже до 300 км³²⁰. В 2022 г. произошло последнее сокращение размера субсидии, с 2023 г. субсидирование большинства NEV прекратилось³²¹. Субсидии, а также политика «двойного кредита» сыграли значительную роль в развитии китайского рынка автомобилей на НИЭ. Доля NEV в совокупных продажах автомобилей увеличилась с 0,08% в 2013 г. до 29% в 2022 г.³²²

³¹⁶ Wang N., Tang L., Pan H. A global comparison and assessment of incentive policy on electric vehicle promotion // *Sustainable Cities and Society*. – 2019. – Vol. 44. – Pp. 597–603.; Bieresselioglu M.E., Kaplan M.D., Yilmaz B.K. Ibid.; Caulfield B. et al. Measuring the equity impacts of government subsidies for electric vehicles // *Energy*. – 2022. – Vol. 248. – Pp. 1–11.

³¹⁷ Li Sh. et al. The Role of Government in the Market for Electric Vehicles: Evidence from China // *Journal of Policy Analysis and Management*. – 2021. – Vol. 41. – № 2. – Pp. 450–485.

³¹⁸ Jin L., Chu Y., Wang X. Ibid.

³¹⁹ China Cuts Electric-Car Subsidies, Shares of Top EV Makers Drop // Bloomberg. [Электронный ресурс] URL: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2019-03-26/china-scales-back-subsidies-for-electric-cars-to-spur-innovation> (дата обращения: 20.06.2022)

³²⁰ China: New Energy Vehicle (NEV) Policy // Emission Standards. [Электронный ресурс] URL: <https://dieselnet.com/standards/cn/nev.php> (дата обращения: 20.06.2022)

³²¹ China to End EV Subsidies After 30% Cut in 2022 // GlobalData. [Электронный ресурс] URL: <https://www.globaldata.com/data-insights/automotive/china-will-end-ev-subsidies-after-30-cuts-in-2022/> (дата обращения: 25.12.2022)

³²² What Happens to China's EV Market After Billions of Yuan Stop Coming in? // Sixth Tone. [Электронный ресурс] URL: <https://www.sixthtone.com/news/1012221> (дата обращения: 13.02.2023); Global EV Data Explorer // IEA. [Электронный ресурс] URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/global-ev-data-explorer> (дата обращения: 29.04.2023)

В Китае потребители субсидировались косвенным образом, т. е. путем выделения субсидий производителям, которые затем снижали цены на автомобили. Такой подход, несмотря на высокую результативность, имел и недостатки. Во-первых, были зафиксированы случаи, когда производители «продавали» автомобили сами себе, а не конечным пользователям. Во-вторых, некоторые производители отправляли тестовые варианты автомобилей с огромными батареями для прохождения процедуры соответствия установленным требованиям в отношении емкости аккумуляторной батареи, а в процессе производства автомобилей на продажу для экономии денежных средств переключались на батареи меньшего размера³²³.

Во Франции субсидии предоставляются покупателям в виде «экологических бонусов». В 2020–первой половине 2021 гг. при покупке электромобиля или подзаряжаемого гибрида, выбрасывающего менее 20 г CO₂/км и стоимостью до 45 тыс. евро, физическому лицу предоставлялась субсидия в размере до 7 тыс. евро (не более 27% от цены-брутто); при покупке стоимостью в диапазоне от 45 тыс. до 60 тыс. евро – до 3 тыс. евро³²⁴. Как и в Китае, условия получения субсидий во Франции постепенно ужесточаются, а их размеры уменьшаются. Так, в 2023 г. максимальная величина субсидии сократилась до 5 тыс. евро. Теперь субсидия распространяется только на электромобили стоимостью менее 47 тыс. евро³²⁵. Покупатели автомобилей на водородных топливных элементах могут рассчитывать на субсидию и при приобретении машины стоимостью менее 60 тыс. евро, но ее максимальный размер уменьшился в 3 раза: с 3 тыс. евро до 1 тыс. евро³²⁶.

Помимо «экологического бонуса» жители Франции могут получить бонус за утилизацию старого дизельного (старше 2011 г.) или бензинового автомобиля (старше 2006 г.) при покупке подержанного или нового электромобиля/подзаряжаемого гибрида. Его размер составляет до 5 тыс. евро при доходе менее 13489 евро и до 2,5 тыс. евро при доходе более 13489 евро³²⁷.

В Великобритании в 2022 г. правительство объявило о прекращении действия программы субсидирования *Plug-in Car Grant*, которая стартовала в 2011 г., заявив, что

³²³ Cui H. Subsidy fraud leads to reforms for China's EV market // ICCT. [Электронный ресурс] URL: <https://theicct.org/subsidy-fraud-leads-to-reforms-for-chinas-ev-market/> (дата обращения: 29.04.2023)

³²⁴ How To Get An EV Subsidy In France. [Электронный ресурс] URL: <https://blog.wallbox.com/france-ev-incentives/> (дата обращения: 21.06.2022); Incentives for buying an electric car in France: how do they work? // Renault Group. [Электронный ресурс] URL: <https://www.renaultgroup.com/en/news-on-air/news/incentives-for-buying-an-electric-car-in-france-how-do-they-work/> (дата обращения: 21.06.2022); Барабошкина А.В., Кудрявцева О.В. Оценка конкурентоспособности российского электромобиля как обоснование необходимости стимулирования рынка электромобилей в России. Указ. раб. С. 281.

³²⁵ France reduces electric vehicle subsidies // electrive.com. [Электронный ресурс] URL: <https://www.electrive.com/2023/01/10/france-reduces-electric-vehicle-subsidies> (дата обращения: 24.01.2023)

³²⁶ Grants for electric cars in France // eplaque. fr. [Электронный ресурс] URL: <https://www.eplaque.fr/en/grants-electric-vehicles-france> (дата обращения: 21.06.2022)

³²⁷ How To Get An EV Subsidy In France. [Электронный ресурс] URL: <https://blog.wallbox.com/france-ev-incentives/> (дата обращения: 21.06.2022); Incentives for buying an electric car in France: how do they work? // Renault Group. [Электронный ресурс] URL: <https://www.renaultgroup.com/en/news-on-air/news/incentives-for-buying-an-electric-car-in-france-how-do-they-work/> (дата обращения: 21.06.2022)

программа справилась с задачей по созданию зрелого рынка транспортных средств с низким уровнем выбросов, внося вклад в увеличение продаж электромобилей с менее чем 1 тыс. шт. в 2011 г. до почти 100 тыс. шт. только за первые пять месяцев 2022 г.³²⁸ В целом за время существования программы поступило 400 тыс. заявок и было выделено денежных средств на сумму почти 1,5 млрд фунтов стерлингов. Как и в случае с Китаем и Францией, в Великобритании критерии предоставления субсидий (грантов) постепенно ужесточались, а размер денежных выплат уменьшался. До 2018 г. на получение гранта могли претендовать покупатели трех категорий автомобилей, начиная с тех, чьи выбросы CO₂ составляли менее 50 г/км, а пробег на электротяге по крайней мере 70 миль (~ 113 км), и заканчивая автомобилями с выбросами CO₂ не более 75 г/км и пробегом на электротяге не менее 20 миль (~ 32 км)³²⁹. После 2018 г. среди потенциальных участников программы остались только покупатели автомобилей первой категории³³⁰. В 2020 г. покупатели могли претендовать на получение данного гранта, если рекомендованная розничная цена машины составляла не более 50 тыс. фунтов стерлингов, в декабре 2021 г. пороговая цена уменьшилась до 32 тыс. фунтов стерлингов³³¹. Размер денежных выплат сократился с изначальных 5 тыс. фунтов стерлингов в 2011 г. до 1,5 тыс. фунтов стерлингов в конце 2021 г.³³²

Важно отметить, что у такой меры поддержки, как субсидирование, существует ряд недостатков. Во-первых, субсидии оказывают большое влияние на спрос только при условии, что могут принести значимую денежную выгоду, поэтому, как правило, не являются стимулами для покупателей автомобилей премиального ценового сегмента. Во-вторых, проблемой является определение оптимального размера субсидии. В-третьих, реализация этих мер сопровождается упущенными доходами для государственного бюджета, поэтому может быть рекомендовано компенсировать это повышением налоговых ставок и (или) введением новых налогов на автомобили с ДВС, в том числе с учетом выбросов CO₂ и загрязняющих воздух веществ³³³.

³²⁸ Government pulls plug on its remaining UK electric car subsidies // The Guardian. [Электронный ресурс] URL: <https://www.theguardian.com/business/2022/jun/14/government-pulls-plug-on-its-remaining-uk-electric-car-subsidies> (дата обращения: 23.11.2022)

³²⁹ New Plug-in Car Grant Levels from March 2016. – Office for Low Emission Vehicles, 2016. – P. 1.

³³⁰ What was the UK plug-in car grant? // Auto Express. [Электронный ресурс] URL: <https://www.autoexpress.co.uk/tips-advice/94376/what-uk-plug-car-grant> (дата обращения: 23.11.2022)

³³¹ Plug-in Car Grant Vehicle Application Form and Guidance Notes. Version 8.0. – Office for Low Emission Vehicles, 2021. – P. 4.

³³² Government scraps the plug-in car grant // cinch. [Электронный ресурс] URL: <https://www.cinch.co.uk/news/government-scraps-the-plug-in-car-grant> (дата обращения: 23.11.2022)

³³³ Меры по продвижению электромобилей / А.К. Фельтен [и др.]; под ред. Р. Алимова, В. Яблокова. – Ecologic Institute, 2019. – 55 с.

Полное или частичное освобождение от уплаты налогов

Популярной мерой поддержки является освобождение от налогов или предоставление налоговых льгот владельцам электромобилей. Так как одной из основных проблем, связанных с электротранспортом, являются высокие первоначальные расходы, то результативнее всего предоставлять налоговые льготы на этапе покупки машины. В Норвегии, где доля электромобилей в продажах легковых автомобилей за десять лет выросла с 2,9% до 79,3% в 2022 г.³³⁴, налоговая система базируется на принципе «загрязнитель платит». Высокие налоги на автомобили с высоким уровнем выбросов долгое время помогали компенсировать бюджетные расходы на многочисленные инициативы, стимулирующие развитие рынка транспортных средств с низкими или нулевыми выбросами. В Норвегии налог на регистрацию импортного или отечественного бензинового/дизельного автомобиля существенно увеличивает первоначальные расходы и зависит от объемов выбросов CO₂, NOx и его веса. Используя в качестве примера новый бензиновый Volkswagen Golf R среднего ценового сегмента и заполнив необходимые сведения о машине на сайте Налогового управления Норвегии, мы получили величину налога, равную более 50% от цены транспортного средства³³⁵. Покупатели электромобилей с 1990 г. по 2022 г. были полностью освобождены от его уплаты. С 2023 г. налог стал взиматься исходя только из веса электромобиля. Для бензиновых и дизельных автомобилей НДС в Норвегии составляет 25%, в отношении электромобилей с 2001 г. по 2022 г. действовала нулевая ставка НДС³³⁶. Начиная с 2023 г., владельцы электромобилей, чья цена превышает 500 тыс. норвежских крон, должны платить НДС 25%³³⁷.

Германия также ужесточает систему налогообложения автомобилей с ДВС. В 2020 г. парламент Германии (Бундестаг) принял поправку к *Закону о налоге на автотранспортные средства*, согласно которой, начиная с 2021 г., налог на владение транспортным средством становится более экологически ориентированным. По действующему законодательству, автовладельцы платят 2 евро за каждые 100 см³ бензинового двигателя и 9,5 евро в случае дизельного двигателя. Если автомобиль выбрасывает более 95 г CO₂/км, то добавляется плата в размере 2 евро за грамм CO₂. Поправкой были внесены корректировки, смещающие акцент на

³³⁴ Klesty V. Tesla in pole position in Norway's race to EV goal // Reuters. [Электронный ресурс] URL: <https://www.reuters.com/business/autos-transportation/hitting-record-electric-cars-sales-norway-near-80-2022-2023-01-02/> (дата обращения: 15.02.2023)

³³⁵ Рассчитано автором по: Calculate what it will cost to import a car to Norway // The Norwegian Tax Administration. [Электронный ресурс] URL: <https://www.skatteetaten.no/en/person/duties/cars-and-other-vehicles/importing/calculate/> (дата обращения: 15.02.2023); Официальный сайт Volkswagen. [Электронный ресурс] URL: <https://www.vw.com/en.html> (дата обращения: 15.02.2023)

³³⁶ Norwegian EV policy // Norsk elbilforening. [Электронный ресурс] URL: <https://elbil.no/english/norwegian-ev-policy/> (дата обращения: 12.06.2022)

³³⁷ Iversen N. Tax And Fees On Electric Vehicles In Norway Explained: Are They Really Tax Free? // The Norway Guide. [Электронный ресурс] URL: <https://thenorwayguide.com/tax-and-fees-on-electric-vehicles/> (дата обращения: 15.02.2023)

объемы выбросов. Владельцы автомобилей с уровнем выбросов менее 95 г CO₂/км по-прежнему освобождены от уплаты налога и даже могут получать ежегодный налоговый бонус в размере 30 евро в течение пяти лет, если автомобиль впервые зарегистрирован в период с июня 2020 г. до конца 2024 г. Владельцы автомобилей с уровнем выбросов в диапазоне от 96 до 115 г CO₂/км продолжают платить по 2 евро за каждый грамм CO₂. Изменения коснулись автомобилей с уровнем выбросов выше 115 г CO₂/км. Ставка налога постепенно увеличивается, пока не достигает 4 евро за грамм CO₂ для тех автомобилей, чьи выбросы превышают 195 г CO₂/км³³⁸.

Во Франции система налогообложения, которая называется «бонус/малус», также функционирует по принципу «загрязнитель платит». Расходы бюджета, связанные со стимулированием развития рынка транспортных средств с низким уровнем выбросов, компенсируются применением «экологического малуса». В 2021 г. «экологический малус» варьировался в диапазоне от 50 евро до 30 тыс. евро при выбросах от 133 г CO₂/км до 218 г CO₂/км и выше соответственно. С каждым годом минимальный порог выбросов, с которого начинают взимать плату, снижается, а максимальный размер «экологического малуса» увеличивается. Так, в 2022 г. минимальный порог снизился до 123 г CO₂/км, а максимальный размер «малуса» составлял уже 50 тыс. евро³³⁹.

В 2018 г. Международный совет по чистому транспорту проанализировал французскую систему «бонус/малус» и сопоставил доходы бюджета с расходами. Хотя в первые три года с начала внедрения данной схемы в 2008 г. государственный бюджет в среднем терял 300 млн евро в год, затем ситуацию удалось стабилизировать, а с 2014 г. система стала стабильно обеспечивать профицит бюджета³⁴⁰.

В Ирландии система налогообложения легковых автомобилей, при которой величина налога зависит от уровня выбросов CO₂, существенно повлияла на соотношение долей автомобилей с высоким и низким уровнями выбросов в продажах. Доля легковых автомобилей из группы с самыми низкими выбросами CO₂ в расчете на 1 км выросла с 1,5% в 2007 г. до 71,8%

³³⁸ Wappelhorst S. Germany's vehicle tax system: small steps towards future-proof incentives for low-emission vehicles // ICCT. [Электронный ресурс] URL: <https://theicct.org/germanys-vehicle-tax-system-small-steps-towards-future-proof-incentives-for-low-emission-vehicles/> (дата обращения: 25.06.2022)

³³⁹ The CO₂ Tax // Platine Motors. [Электронный ресурс] URL: <https://www.platinemotors.com/en/le-malus-%C3%A9cologique> (дата обращения: 21.12.2022); Барабошкина А.В., Кудрявцева О.В. Оценка конкурентоспособности российского электромотоцикла как обоснование необходимости стимулирования рынка электромотоциклов в России. Указ. раб. С. 281.

³⁴⁰ Yang Z. Practical lessons in vehicle efficiency policy: the 10-year evolution of France's CO₂-based bonus-malus (feebate) system // ICCT. [Электронный ресурс] URL: <https://theicct.org/practical-lessons-in-vehicle-efficiency-policy-the-10-year-evolution-of-frances-co2-based-bonus-malus-feebate-system/> (дата обращения: 21.06.2022)

в 2020 г., в то время как доля автомобилей с уровнем выбросов 140 г/км и выше снизилась до 5,6%³⁴¹.

Важно отметить, что потребители менее чувствительны к регулярным налогам (или сборам), чем к разовой и сравнительно ощутимой составляющей первоначальных затрат, представленной, например, в форме высокого регистрационного налога. Поэтому степень влияния освобождения автомобилистов от регулярных налогов на увеличение спроса на электромобили может быть относительно низкой. С другой стороны, ежегодные налоги обеспечивают постоянный и более предсказуемый приток доходов в бюджет³⁴².

Полное или частичное освобождение от платы за парковку и выделение специальных парковочных мест для электромобилей

Согласно исследованию И. Кока и Д. Холла, предоставление бесплатных или льготных парковочных мест владельцам электромобилей эффективнее всего в городах, где парковка дорогостоящая и число парковочных мест ограничено³⁴³. В Копенгагене стоимость парковки достигает 41 датскую крону/час³⁴⁴ (~ 554 руб.), в Осло – 60 норвежских крон/час³⁴⁵ (~ 538 руб.). В Копенгагене только владельцы транспортных средств с нулевым уровнем выбросов могут парковаться бесплатно. Бесплатная парковка для электромобилей существовала в Норвегии 20 лет, за это время их количество существенно увеличилось, поэтому сейчас, например, в Осло, а также Бергене постепенно отказываются от данной инициативы: владельцы электромобилей должны платить 20% и 50% от стандартной стоимости парковочного места³⁴⁶. В Китае льготная парковка для владельцев автомобилей на новых источниках энергии стала одним из наиболее широко используемых фискальных стимулов. В большинстве случаев льгота предоставляется в форме нескольких часов бесплатной парковки или в форме скидки³⁴⁷.

Важно отметить, что операторам парковок может требоваться существенная компенсация при предоставлении бесплатных парковочных мест владельцам электромобилей без ограничений, что увеличивает расходы муниципальных бюджетов. Кроме того, бесплатные уличные парковки могут создавать заторы.

В работе Л. Цзинь и др. отмечается, что выделение специальных парковочных мест для транспортных средств на НИЭ является одной из мер, которая применяется абсолютно во всех

³⁴¹ Electric Vehicle Policy Pathway. Working Group Report. – Ireland: Department of Transport, 2021. – P. 42.

³⁴² Runkel M., Mahler A., Ludewig D., Rückes A.L. Loss of revenues in passenger car taxation due to incorrect CO2 values in 11 EU states. – The Greens/EFA Group in the European Parliament, 2018. – 47 p.

³⁴³ Kok I., Hall D. Battery electric and plug-in hybrid vehicle uptake in European cities. – ICCT, 2023. – P. 11.

³⁴⁴ Public parking in Copenhagen // City of Copenhagen. [Электронный ресурс] URL: <https://international.kk.dk/live/transport-and-parking/parking-in-copenhagen/public-parking-in-copenhagen> (дата обращения: 15.02.2023)

³⁴⁵ Parking Oslo - Cheap Car Parking Spots - Free Advice // Car Parking Europe. [Электронный ресурс] URL: <https://www.car-parking.eu/norway/oslo> (дата обращения: 15.02.2023)

³⁴⁶ Kok I., Hall D. Ibid. P. 11.

³⁴⁷ Jin L., Chu Y., Wang X. Ibid. P. 10.

рассмотренных тринадцати городах Китая. Там установлено требование, согласно которому для транспортных средств на НИЭ должно быть отведено 10–20% парковочных мест³⁴⁸.

Предоставление доступа к выделенным полосам

Данная мера стимулирования (как и бесплатная парковка) подходит для развития рынка электромобилей на начальном этапе, а затем, с ростом их доли в автопарке, политика поддержки должна быть пересмотрена. Возросшее количество электромобилей на выделенных полосах мешает нормальной работе общественного транспорта. В качестве примера можно привести Норвегию, где в 2013 г. уже насчитывалось 18 тыс. электрокаров (рыночная доля BEV и PHEV составляла 5,8%³⁴⁹)³⁵⁰. В час-пик 3 декабря 2013 г. из 829 транспортных средств на автобусной полосе между Осло и его пригородом 75% были электромобили, при этом максимальная пропускная способность полосы – 1000 транспортных средств в час³⁵¹. Такая ситуация в дальнейшем привела к появлению определенных ограничений в отношении доступа личного электрического транспорта к выделенным полосам³⁵².

Субсидирование и регулирование платы за зарядку электромобилей

Уменьшение платы за зарядку электромобилей может принимать разные формы. В Китае инициатива реализуется тремя путями: предоставление целевой субсидии, ограничение максимального размера платы, которая взимается за оказание услуги по зарядке электромобиля на общедоступных зарядных станциях, и снижение тарифа на электроэнергию.

В Шанхае целевая субсидия поступает на специальный счет физического лица, привязанный и к его личному счету в энергосбытовой компании, с которого оплачивается домашняя зарядка электромобиля, и к платежному аккаунту на муниципальной платформе для оплаты зарядки на общественных зарядных станциях. Субсидия в размере 150 юаней выплачивается физическому лицу каждый месяц, пока не составит 5 тыс. юаней, и может быть использована для оплаты двух счетов³⁵³.

Плата за обслуживание на публичной зарядной станции взимается сверх стоимости электроэнергии, чтобы операторы ЭЭС могли возместить первоначальные инвестиции и получать прибыль. Максимально разрешенная величина платы за оказание услуги варьируется в диапазоне от 0,6 до 1 юаня/кВт-ч в зависимости от города. В Китае власти также

³⁴⁸ Jin L., Chu Y., Wang X. Ibid. P. 12.

³⁴⁹ Market share of electric cars (BEV and PHEV) in Norway from 2009 to 2021 // Statista. [Электронный ресурс] URL: <https://www.statista.com/statistics/1029909/market-share-of-electric-cars-in-norway/> (дата обращения: 01.06.2022)

³⁵⁰ Norway's electric-car incentives were so good they had to be stopped // Quartz. [Электронный ресурс] URL: <https://qz.com/400277/norway-electric-car-incentives-were-so-good-they-had-to-be-stopped> (дата обращения: 01.06.2022)

³⁵¹ Norway is starting to have more electric cars than it can handle // Quartz. [Электронный ресурс] URL: <https://qz.com/159595/norway-electric-cars> (дата обращения: 01.06.2022)

³⁵² Who may use the public transport lane // Statens vegvesen. [Электронный ресурс] URL: <https://www.vegvesen.no/en/traffic-information/along-the-road/norwegian-traffic-rules/the-public-transport-lane/> (дата обращения: 01.06.2022)

³⁵³ Jin L., Chu Y., Wang X. Ibid. P. 9.

контролируют стоимость быстрой зарядки на общедоступных ЭЗС, не допуская ее выхода за пределы 1–1,8 юаня/кВт-ч. Таким образом, быстрая зарядка на общедоступных ЭЗС не может быть более, чем в два раза дороже зарядки машины дома³⁵⁴. Так как в китайских городах мало людей имеют возможность устанавливать домашние зарядные станции в собственных гаражах³⁵⁵, ценовая доступность общественных зарядок, особенно быстрых, крайне важна.

Наконец, на всех общедоступных зарядных станциях должны применяться тарифы на электроэнергию для крупных промышленных потребителей, а не более высокие коммерческие³⁵⁶.

Обязательство для автобусных парков, таксопарков электрифицировать определенный процент парка в установленный срок

Для ускорения электрификации общественного и коммерческого транспорта необходимы распоряжения органов власти. В качестве примера можно привести г. Шэньчжэнь, где к концу 2017 г., по требованию китайских властей, весь автобусный парк города, насчитывавший тогда 16359 автобусов, был электрифицирован. Это стало возможным во многом благодаря субсидиям. До 2016 г. на электробус длиной 12 метров могла быть выделена субсидия в размере 150 тыс. долл., что составляло более 50% от закупочной цены. Некоторые автобусные парки в Шэньчжэне брали автобусы у производителей в лизинг, чтобы сэкономить на начальных инвестициях³⁵⁷. Городские власти также субсидировали строительство зарядных станций для электробусов, число которых достигло 510 шт. к концу 2017 г.³⁵⁸

Программа электрификации такси в Шэньчжэне стартовала в 2010 г., но до 2015 г. почти не было заметно прогресса. В 2015 г. городские власти, анонсировав выдачу субсидий, выпустили требование, согласно которому более четверти такси, работающих на бензине, должны были быть заменены на электротакси к концу года³⁵⁹. В 2018 г. городские власти Шэньчжэня объявили о том, что больше не будут выдавать лицензии на пассажирские перевозки, если транспортное средство не является полностью электрическим, таким образом

³⁵⁴ McLane R., Liu Q. What China can teach the US about EV fast-charging rollouts // GreenBiz. [Электронный ресурс] URL: <https://www.greenbiz.com/article/what-china-can-teach-us-about-ev-fast-charging-rollouts> (дата обращения: 13.03.2023)

³⁵⁵ McLane R., Liu Q. What China can teach the US about EV fast-charging rollouts // GreenBiz. [Электронный ресурс] URL: <https://www.greenbiz.com/article/what-china-can-teach-us-about-ev-fast-charging-rollouts> (дата обращения: 13.03.2023)

³⁵⁶ Jin L., Chu Y., Wang X. Ibid. P. 9-10.

³⁵⁷ How Did Shenzhen, China Build World's Largest Electric Bus Fleet? // World Resources Institute. [Электронный ресурс] URL: <https://wri.org.cn/en/insights/how-did-shenzhen-china-build-worlds-largest-electric-bus-fleet> (дата обращения: 10.03.2021)

³⁵⁸ 16,000 Electric Buses Are Now on the Streets of One of the World's Largest Cities // AD. [Электронный ресурс] URL: <https://www.architecturaldigest.com/story/16000-electric-buses-streets-of-one-of-the-worlds-largest-cities> (дата обращения: 10.03.2021)

³⁵⁹ Huifeng H. Shenzhen offers new incentives to boost switch to electric taxis // South China Morning Post. [Электронный ресурс] URL: <https://www.scmp.com/tech/innovation/article/1775381/shenzhen-offers-new-incentives-boost-switch-electric-taxis> (дата обращения: 10.03.2021)

продолжая стимулировать электрификацию таксопарка³⁶⁰. К концу года все городское такси перешло на электротягу, достигнув 22 тыс. шт.³⁶¹

Организация специальных программ и схем финансирования для коммерческих и корпоративных автопарков

Одной из схем финансирования владельцев коммерческих транспортных средств и компаний с собственным автопарком является выдача кредитов с низкой процентной ставкой. В 2018 г. в Дели предложили схему покупки электрических рикш в рассрочку: первоначальный взнос составлял 5% от цены покупки, оставшаяся часть выплачивалась в течение 36 месяцев вместе с процентами по ставке 5%³⁶².

В Ирландии такси и другие малые транспортные средства общего пользования (*Small Public Service Vehicles, SPSV*) включены в программу утилизации (*scrappage scheme*). Водители имеют право на получение 20 тыс. евро, если они сдают старый, загрязняющий окружающую среду автомобиль и переходят на новый, полностью электрический. Если электромобиль также доступен для пользователей инвалидных колясок, то размер выплаты увеличивается до 25 тыс. евро³⁶³.

В число важных мер стимулирования электрификации корпоративных автопарков входит ускоренная амортизация, которая позволяет юридическим лицам уменьшать налогооблагаемую прибыль³⁶⁴.

Третья группа мер

Создание государственно-частных партнерств

Продвижение и финансирование инициатив в партнерстве с органами местного самоуправления, энергосбытовыми компаниями, автопроизводителями и различными частными компаниями крайне важно для создания крупномасштабной сети зарядных станций. Например, власти Квебека и крупнейшая канадская энергокомпания «Гидро-Квебек» вместе с партнерами (муниципалитеты, представители бизнеса и др.) работают над расширением зарядной инфраструктуры в Канаде в рамках программы *Electric Circuit*³⁶⁵. На официальном сайте *Electric Circuit* указано три варианта партнерства: 1) оплатить закупку и установку

³⁶⁰ The future of ride-hailing in China's Silicon Valley is electrifying // Quartz. [Электронный ресурс] URL: <https://qz.com/1299756/soon-all-ride-hailing-taxis-in-chinas-silicon-valley-will-be-electric-by-government-mandate> (дата обращения: 15.08.2021)

³⁶¹ Leading the charge: How Shenzhen transformed its public transport network // Meet Hydrogen. [Электронный ресурс] URL: <https://meethydrogen.com/resource/leading-the-charge-how-shenzhen-transformed-its-public-transport-network> (дата обращения: 15.08.2021)

³⁶² Menon A., Yang Z., Bandivadekar A. Ibid. P. 32.

³⁶³ Up to €25,000 for taxi drivers to buy Electric Vehicles // gov.ie. [Электронный ресурс] URL: <https://www.gov.ie/en/press-release/fl623-up-to-25000-for-taxi-drivers-to-buy-electric-vehicles/#> (дата обращения: 30.06.2022)

³⁶⁴ Electric Vehicle Policy Pathway. Ibid. P. 25.

³⁶⁵ Menon A., Yang Z., Bandivadekar A. Ibid.; Официальный сайт Electric Circuit. [Электронный ресурс] URL: <https://lecircuitelectrique.com/en/> (дата обращения: 30.06.2022)

общественных зарядок 2-го уровня³⁶⁶ и в дальнейшем получать прибыль; 2) обратиться к дистрибьютору, аффилированному с *Electric Circuit*, за покупкой и установкой зарядок 2-го уровня; 3) расходы по закупке и установке быстрых зарядных станций полностью берет на себя «Гидро-Квебек», а бизнес-партнер принимает участие в размещении ЭЗС, предоставляя земельный участок, что в дальнейшем может способствовать привлечению новых клиентов и расширению его бизнеса³⁶⁷.

Крупнейшая французская электроэнергетическая компания Электрисите де Франс (*Électricité de France, EDF*) сыграла одну из ведущих ролей в строительстве зарядной инфраструктуры, установив в рамках проекта *Corri-Door* более 200 быстрых зарядных станций. Проект предполагал установку 200 зарядных станций через каждые 80 км вдоль основных автомагистралей и у близлежащих торговых центров³⁶⁸.

В Китае в рамках пилотного проекта по развитию транспортных средств на новых источниках энергии, запущенного в 2013 г. в 88 городах³⁶⁹, требовалось построить зарядную сеть исходя из расчета 8 электрических транспортных средств на 1 зарядное устройство, причем ЭЗС должны были располагаться на расстоянии не более 1 км от любой точки в пределах центральной части города. Муниципальные власти частично спонсировали установку зарядных станций, сотрудничая с Государственной электросетевой корпорацией Китая (*State Grid Corporation of China, SGCC*). SGCC также принимала участие в строительстве быстрых зарядных станций в городах и вдоль междугородних трасс в рамках плана по созданию сети из 120 тыс. быстрых ЭЗС и 500 тыс. общественных ЭЗС суммарно к 2020 г.³⁷⁰

Установка зарядных станций вдоль автомагистралей

Немецкая компания Mercedes-Benz, которая с 2025 г. прекратит разработку новых моделей автомобилей с ДВС и создаст три платформы, выпускающие исключительно электромобили разных классов³⁷¹, планирует совместно с американской компанией MN8 Energy, занимающейся производством солнечной энергией, накопителями и зарядными станциями³⁷², и

³⁶⁶ Зарядные устройства 1-го уровня предполагают домашнее использование, зарядки 2-го уровня являются сравнительно более быстрыми и доступны во многих общественных местах.

³⁶⁷ Официальный сайт Electric Circuit. [Электронный ресурс] URL: <https://lecircuitelectrique.com/en/> (дата обращения: 30.06.2022)

³⁶⁸ Hall D., Lutsey N. Emerging best practices for electric vehicle charging infrastructure. – ICCT, 2017. – P. 9; Corri-Door project to install 200 DC fast charging points in France by December // Charged EV Fleet & Infrastructure News. [Электронный ресурс] URL: <https://chargedevs.com/newswire/corri-door-project-to-install-200-dc-fast-charging-points-in-france-by-december/> (дата обращения: 30.06.2022)

³⁶⁹ Yao X., Ma S., Bai Y., Jia N. When are new energy vehicle incentives effective? Empirical evidence from 88 pilot cities in China // Transportation Research Part A: Policy and Practice. – 2022. – Vol. 165. – Pp. 207-224.

³⁷⁰ Hall D., Lutsey N. (2017). Ibid. P. 8.

³⁷¹ Батыров Т. Mercedes-Benz перейдет на выпуск электромобилей с 2030 года // Forbes. [Электронный ресурс] URL: <https://www.forbes.ru/newsroom/tehnologii/435685-mercedes-benz-pereydet-na-vypusk-elektromobiley-c-2030-goda> (дата обращения: 15.01.2023)

³⁷² Официальный сайт MN8 Energy. [Электронный ресурс] URL: <https://mn8energy.com/about/> (дата обращения: 15.01.2023)

оператором сети ЭЗС ChargePoint построить более 400 зарядных хабов с более чем 2,5 тыс. быстрыми зарядными устройствами в ключевых городах США и вдоль автомагистралей³⁷³. По этому пути идут и многие другие автомобильные компании, что поможет увеличить число зарядных станций, преимущественно быстрых и ультрабыстрых, на трассах, и решить проблему недостаточного запаса электроэнергии для преодоления дальних расстояний. Tesla заявила о планах расширить свою сеть зарядных станций втрое к концу 2023 г., Volkswagen совместно с энергетическими гигантами BP, Enel и Iberdrola разворачивает сеть из 18 тыс. ультрабыстрых зарядных устройств в Европе, совместно со своей дочерней компанией Electrify America – 10 тыс. шт. в США, в рамках совместного предприятия со Star Charge, JAC Motors и FAW Group под названием CAMS – 17 тыс. шт. в Китае³⁷⁴.

Установка зарядных станций в транспортных хабах, аэропортах, на железнодорожных станциях

Важно обеспечить установку зарядных станций в местах повышенного спроса, таких как аэропорты. Особенно актуальным это представляется на фоне развития экономики совместного потребления и электрификации таксопарков, перевода на электротягу автомобилей для каршеринга и т. п. и в целом увеличения числа владельцев электромобилей. Например, *Стандарт чистых миль Калифорнии* (California's Clean Miles Standard, CMS) требует, чтобы к 2030 г. автомобили райдхейлинг³⁷⁵-сервисов 90% миль проезжали на электротяге³⁷⁶. Поездки из и в аэропорт приносят большую часть доходов водителям такси, поэтому аэропорты, устанавливая зарядные станции на своей территории, таким образом могут поддерживать электрификацию транспорта и удовлетворять нужды тех, кому необходимо быстро зарядить транспортные средства на месте. В международном аэропорте Лос-Анджелеса в Калифорнии уже установлено 40 ЭЗС³⁷⁷.

Субсидирование установки домашней зарядной станции

Субсидирование домашних зарядок представляется особенно важным в странах, где распространены отдельно стоящие жилые дома, таких как Норвегия, США, Ирландия и других. В Ирландии государство предоставляет грант на покупку и установку домашнего зарядного

³⁷³ ChargePoint and Mercedes-Benz enhance driver experience with fast charging network in North America // ChargePoint. [Электронный ресурс] URL: <https://www.chargepoint.com/about/news/chargepoint-and-mercedes-benz-enhance-driver-experience-fast-charging-network-north-0> (дата обращения: 15.01.2023)

³⁷⁴ Automakers Realize They Need to Develop EV Charging Networks // Transport Topics. [Электронный ресурс] URL: <https://www.ttnews.com/articles/automakers-realize-they-need-develop-ev-charging-networks> (дата обращения: 15.01.2023)

³⁷⁵ Райдхейлинг (ride-hailing) – использование различных онлайн-сервисов с целью вызова транспортного средства и передвижения из одного места в другое.

³⁷⁶ California to require electric vehicles for most Lyft, Uber drivers [Электронный ресурс] URL: <https://www.freightwaves.com/news/california-to-require-electric-vehicles-for-most-lyft-uber-drivers> (дата обращения: 15.01.2023)

³⁷⁷ Charge your Vehicle or Phone at Los Angeles Airport. [Электронный ресурс] URL: <https://losangeleslaxairport.com/cell-phone-charging-stations-lax> (дата обращения: 15.01.2023)

устройства для электромобилей в размере до 600 евро³⁷⁸. В рамках данной грантовой схемы поддерживаются только «умные» зарядки, вошедшие в список *Triple E Product Register*, где представлено 10–15% наиболее энергоэффективных продуктов³⁷⁹.

В то же время необходима поддержка и жителей многоквартирных домов, которая может быть реализована через наложение на застройщиков правового обязательства по организации мест для зарядки электромобилей и (или) их субсидирование. В провинции Новая Шотландия в Канаде владельцы многоквартирных домов могут получить до 2,5 тыс. долл. за установку зарядного устройства и до 10 тыс. долл. на одно здание, что означает приобретение четырех зарядных устройств, рекомендованных в рамках данной программы, практически бесплатно³⁸⁰.

Поиск подходящих мест и финансирование установки зарядных станций для жителей домов, в которых невозможна организация мест для домашних зарядок

Поиск подходящих мест и финансирование установки зарядных устройств для жителей домов, где отсутствует доступ к собственным парковочным местам, также является важным аспектом развития рынка электротранспорта. Установка зарядок на обочинах дорог и у тротуаров позволяет обеспечить комфортные условия подзарядки не только для жителей многоквартирных домов, не имеющих возможности пользоваться домашними устройствами, но и для клиентов сервисов каршеринга, владельцев такси и т. п.³⁸¹ В Сиэтле энергосбытовая компания *Seattle City Light* устанавливает такого рода зарядки исходя из результатов анализа поступивших от горожан запросов, основанного на нескольких критериях: местоположение, число запросов из указанного района города, состояние зарядной инфраструктуры в указанном районе, преобладающие типы жилья. На официальном сайте *Seattle City Light* представлен список из 31 адреса, где к осени 2023 г. должны быть оборудованы места для зарядки³⁸².

Стимулирование развития зарядной инфраструктуры на рабочих местах

Во многих странах государство также стимулирует установку зарядных устройств на рабочих местах. В США работодатели, организовавшие возможность зарядки электромобилей для своих работников, могут претендовать на налоговый вычет в размере 30%, максимально до

³⁷⁸ Electric Vehicle Home Charger Grant // Sustainable energy authority of Ireland. [Электронный ресурс] URL: <https://www.seai.ie/grants/electric-vehicle-grants/electric-vehicle-home-charger-grant/> (дата обращения: 13.03.2023)

³⁷⁹ Triple E Register for Products // Sustainable energy authority of Ireland. [Электронный ресурс] URL: <https://www.seai.ie/business-and-public-sector/triple-e-register-for-products/> (дата обращения: 13.03.2023)

³⁸⁰ How to get 4 (almost free) EV chargers for your condo or apartment building // Electric Avenue. [Электронный ресурс] URL: <https://goelectricave.com/blogs/news/how-to-get-ev-chargers-for-your-condo-or-apartment-building> (дата обращения: 13.03.2023)

³⁸¹ Bullis C. How curbside chargers provide a “home-adjacent” experience // flo. [Электронный ресурс] URL: <https://www.flo.com/insights/type/article/curbside-charging-supporting-equitable-ev-adoption/> (дата обращения: 13.03.2023)

³⁸² Curbside Level 2 Electric Vehicle Charging // Seattle City Light. [Электронный ресурс] URL: <https://www.seattle.gov/city-light/in-the-community/current-projects/curbside-level-2-ev-charging> (дата обращения: 13.03.2023)

30 тыс. долл.³⁸³ В Великобритании грантовая схема поддержки зарядки на рабочих местах покрывает до 75% расходов (с учетом НДС) на покупку и установку зарядных устройств³⁸⁴.

Установка зарядных станций в правительственных учреждениях

Государственные «зеленые» закупки оказывают влияние на рынок и служат примером для общества. Ряд исследователей отмечают недостаточную результативность данной меры в плане увеличения спроса на электрические транспортные средства со стороны органов власти и рассматривают ее как демонстрационную модель поведения для населения. В некоторой степени изменить ситуацию может перевод государственных «зеленых» закупок из категории добровольных в обязательные³⁸⁵. В качестве примера активных государственных «зеленых» закупок можно привести ситуацию в Дели, где в 2022 г. власти объявили о том, что зарядные устройства будут установлены во всех правительственных учреждениях города³⁸⁶.

Сведем все рассмотренные выше меры стимулирования развития электротранспорта в единую таблицу (Таблица 10).

Таблица 10 – Основные барьеры, препятствующие развитию рынка электротранспорта, и инструменты их преодоления

Барьер	Инструмент (мера)
Недостаточные масштабы производства отечественных электромобилей	Наложение обязательств по реализации определенного количества электрических транспортных средств
	Финансовая поддержка новых технологий
Низкая конкурентоспособность электромобилей и их низкая доля в автопарке	Предоставление субсидий на покупку электрических транспортных средств
	Полное или частичное освобождение от уплаты налогов
	Полное или частичное освобождение от платы за парковку и выделение специальных парковочных мест для электромобилей
	Предоставление доступа к выделенным полосам

³⁸³ What is the best EV charging station for the workplace? // EVBox. [Электронный ресурс] URL: <https://blog.evbox.com/best-ev-charger-workplace> (дата обращения: 13.03.2023)

³⁸⁴ Workplace Charging Scheme: guidance for applicants // gov.uk. [Электронный ресурс] URL: <https://www.gov.uk/guidance/workplace-charging-scheme-guidance-for-applicants> (дата обращения: 13.03.2023)

³⁸⁵ Меры по продвижению электромобилей. Указ. раб.

³⁸⁶ EV charging stations at all government buildings in Delhi // Hindustan Times. [Электронный ресурс] URL: <https://www.hindustantimes.com/cities/delhi-news/ev-charging-stations-at-all-government-buildings-in-delhi-101644446405149.html> (дата обращения: 13.03.2023)

	Субсидирование и регулирование платы за зарядку электромобилей
	Обязательство для автобусных парков, таксопарков электрифицировать определенный процент парка в установленный срок
	Организация специальных программ и схем финансирования для коммерческих и корпоративных автопарков
Невысокий уровень развития зарядной инфраструктуры	Создание государственно-частных партнерств
	Установка зарядных станций вдоль автомагистралей
	Установка зарядных станций в транспортных хабах, аэропортах, на железнодорожных станциях
	Субсидирование установки домашней зарядной станции
	Поиск подходящих мест и финансирование установки зарядных станций для жителей домов, в которых невозможна организация мест для домашних зарядок
	Стимулирование развития зарядной инфраструктуры на рабочих местах
	Установка зарядных станций в правительственных учреждениях

Источник: составлено автором

Важно отметить, что к выбору оптимальных мер стимулирования следует подходить не только с точки зрения их результативности в плане влияния на распространение электрического автомобильного транспорта, но и с учетом таких критериев, как: приемлемость для бюджета, соответствие стратегическим целям развития страны в других областях, наличие косвенных положительных и отрицательных эффектов, наличие препятствий административно-правового характера³⁸⁷.

Россия

До 2021 г. в России отсутствовала комплексная стратегия развития электрического автомобильного транспорта, предлагались только отдельные инициативы, часть из которых была реализована.

³⁸⁷ Electric Vehicle Policy Pathway. Ibid.; Меры по продвижению электромобилей. Указ. раб.

Первый документ с планами поддержки и развития экологически чистого транспорта был опубликован в России в 2014 г.: «Комплексный план мероприятий поддержки и использования экологически чистого транспорта»³⁸⁸.

В 2014 г. были обнулены импортные пошлины на ввоз легковых электромобилей. Нулевые ввозные пошлины действовали в 2014–2015 гг. и в 2016–2017 гг.³⁸⁹, причем в конце 2015 г. обнуление пошлин не было продлено, из-за чего многие электрокары простаивали на таможне в ожидании нового решения о нулевой ставке. Оно было принято только в сентябре 2016 г. и действовало еще один год³⁹⁰. В 2020 г. было вновь принято решение об установлении нулевых пошлин на ввоз электромобилей до конца 2021 г.³⁹¹ Начиная с 2022 г., импортная пошлина на ввоз электромобилей составляет 15% от таможенной стоимости. Минпромторг России объясняет такое решение тем, что обнуление ставки не способствует инвестициям в производство низкоуглеродных транспортных средств и компонентов для них внутри страны. С другой стороны, существуют опасения, что это может замедлить рост спроса на электромобили и развитие зарядной инфраструктуры³⁹².

С сентября 2016 г. зарядные станции для электромобилей были включены в список требований к оборудованию автозаправочных станций³⁹³.

В 2017 г. на федеральном уровне были внесены изменения в правила дорожного движения: вводились новые термины «электромобиль», «гибридный автомобиль», а также соответствующие дорожные знаки и разметки³⁹⁴, что можно считать базой для дальнейшего развития электротранспорта в России.

Среди других инициатив можно отметить бесплатную парковку для электромобилей в Москве, Санкт-Петербурге, Новороссийске³⁹⁵, Казани и 50%-ную скидку на парковку

³⁸⁸ Комплексный план мероприятий поддержки производства и использования экологически чистого транспорта // Правительство РФ. [Электронный ресурс] URL: <http://static.government.ru/media/files/MFAYz2tLFv39cnUEYz0AyQI4IRpcSLd.pdf> (дата обращения: 02.03.2021)

³⁸⁹ Штанов В. Пошлины на ввоз в Россию электромобилей могут стать нулевыми // Ведомости. [Электронный ресурс] URL: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2020/02/18/823336-poshlina-na-vvoz> (дата обращения: 01.04.2022)

³⁹⁰ Колбикова Е., Тимонин И. Развитие электромобилей: без господдержки не летают. – VYGON Consulting, 2018. – С. 21.

³⁹¹ В России начала действовать нулевая пошлина на ввоз электромобилей // Дром. [Электронный ресурс] URL: <https://news.drom.ru/78410.html> (дата обращения: 01.04.2022)

³⁹² Чупров А. Ввозную пошлину на электромобили обнулят для стран ЕАЭС, кроме России. [Электронный ресурс] URL: <https://www.autostat.ru/news/51034/> (дата обращения: 01.04.2022)

³⁹³ Колбикова Е., Тимонин И. Указ. раб. С. 22.

³⁹⁴ Карасев С. В ПДД введены понятия электромобиль и гибридный автомобиль // 3DNews. [Электронный ресурс] URL: <https://3dnews.ru/955566/vpdd-vvedeni-ponyatiya-elektromobil-i-gibridniy-avtomobil> (дата обращения: 01.04.2022)

³⁹⁵ Злобин А. Минэкономразвития рекомендовало регионам вводить налоговые льготы для электромобилей // Forbes. [Электронный ресурс] URL: <https://www.forbes.ru/biznes/455293-minekonomrazvitia-rekomendovalo-regionam-vvodit-nalogovye-l-goty-dla-elektromobilej> (дата обращения: 01.04.2022)

электромобилей в Туле³⁹⁶; парковочные места, оснащенные зарядными станциями и предназначенные исключительно для автомобилей с электродвигателями³⁹⁷; отмену транспортного налога для владельцев электрокаров в части регионов страны³⁹⁸.

В августе 2021 г. Правительство РФ утвердило «Концепцию по развитию производства и использования электрического автомобильного транспорта в Российской Федерации на период до 2030 года», общий бюджет которой оценивается в 591 млрд руб., из них 499 млрд руб. (84%) – это внебюджетные источники³⁹⁹. Именно публикация данного документа ознаменовала появление в России комплексной стратегии развития электрического автотранспорта.

Для того, чтобы производители отечественных электромобилей и, соответственно, производители компонентной базы видели, что их продукция востребована, крайне важно сформировать устойчивый спрос на локализованные электромобили. Как отмечает Н. Ульянов, поддержка должна быть существенной в первые четыре-пять лет развития рынка, затем роль государства уходит на второй план⁴⁰⁰.

Среди последних утвержденных мер поддержки можно отметить распространение на электромобили программы льготного кредитования и лизинга. Физическому лицу предоставляется скидка в размере 25% (но не более 625 тыс. руб.) при покупке отечественного электромобиля в кредит, юридическому – при лизинге (пока действует только на марку Evolute⁴⁰¹)⁴⁰².

Основной мерой поддержки развития зарядной инфраструктуры является межбюджетный трансферт в размере 2,76 млн руб., который предоставляется в форме субсидии на строительство одной ЭЗС. Субсидия разделена на две части: бóльшая часть субсидии предоставляется на закупку оборудования, остальная – на технологическое присоединение. Может покрываться до 60% от стоимости станции, но не более 1,86 млн руб., и до 30% от стоимости технологического присоединения зарядной станции к электросети, но не более 900

³⁹⁶ Мониторинг применения низкоуглеродных технологий в России: возможности для ускорения и риски отставания / И.А. Башмаков [и др.]. – М.: Центр энергоэффективности – XXI век, 2020. – С. 164.

³⁹⁷ Колбикова Е., Тимонин И. Указ. раб. С. 23.

³⁹⁸ Какой транспортный налог на электромобили? // Автокод Объявления. [Электронный ресурс] URL: <https://cars.avtocod.ru/blog/kakoj-transportnyj-nalog-na-elektromobili-312.html> (дата обращения: 11.01.2023)

³⁹⁹ Львова А. Принята концепция развития электротранспорта почти на 600 млрд рублей // Ведомости. [Электронный ресурс] URL: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2021/08/23/883259-kontseptsiya-elektrotransporta> (дата обращения: 01.04.2022)

⁴⁰⁰ Н. Ульянов. Указ. раб. С. 33.

⁴⁰¹ Смольянов Д. Льготный автокредит с господдержкой — 2023: условия, список авто, кому доступен // Медиа Про. [Электронный ресурс] URL: <https://mediapro.yandex.ru/work/preferential-car-loan-program#kakie-avtomobili-podpadayut-pod-programmu-l'gotnogo-avtokreditovaniya-v-2023-godu> (дата обращения: 10.06.2023)

⁴⁰² Минпромторг России разъясняет актуальные параметры программы льготного автокредитования // Минпромторг России. [Электронный ресурс] URL: https://minpromtorg.gov.ru/press-centre/news/minpromtorg_rossii_razyasnyet_aktualnye_parametry_programmy_lgotnogo_avtokreditovaniya (дата обращения: 09.04.2023)

тыс. руб.⁴⁰³ При этом фактические затраты на установку ЭЭС составляют от 3,6 до 4 млн руб., а на технологическое присоединение – до 3–4 млн руб. Поэтому большинство операторов ЭЭС сталкиваются с убыточностью. Президент многопрофильной российской IT-компании отмечает, что зарядная станция окупается в короткие сроки, если занята около 30% времени, чего в настоящее время не происходит⁴⁰⁴. В связи с этим городские власти рассматривают возможности снижения стоимости услуги технологического присоединения⁴⁰⁵. Также по итогам стратегической сессии по развитию электротранспорта в России Минэнерго, Минэкономразвитию и Федеральной антимонопольной службе поручено выработать варианты отсрочки оплаты технологического присоединения зарядных станций к электросетям⁴⁰⁶.

Выводы к Главе 2

Глобальный рынок электромобилей активно развивается. Все больше стран и компаний ставят перед собой амбициозные цели на ближайшие десятилетия по электрификации транспортных средств. В 2022 г. доля электромобилей в глобальных продажах составила 14%, тогда как в 2020 г. была всего 4,2%. В мире зарегистрировано почти 26 млн легковых электромобилей, что в 136 раз больше, чем десятилетие назад. Постепенно расширяется парк электробусов, электрических легких коммерческих автомобилей и грузовиков, а двух- и трехколесные транспортные средства в настоящее время являются наиболее электрифицированной категорией дорожного транспорта.

Китай – безусловный лидер на рынке электрического автотранспорта. На него приходится более половины зарегистрированных в мире электромобилей. Крупнейшими рынками также являются США, Германия, Франция и Великобритания.

Аккумуляторная батарея представляет собой самый дорогой элемент электромобиля, поэтому динамика цены АКБ является важным фактором развития рынка электротранспорта. Средневзвешенная цена литий-ионных батарей снизилась с 1200 долл./кВт-ч в 2010 г. до 132 долл./кВт-ч в 2021 г. Однако в 2022 г. впервые более чем за десять лет ее цена начала расти. Причинами этого стали увеличивающиеся цены на сырье и компоненты, стремительный рост инфляции, нарушение цепочек поставок. Поэтому снижение средней цены батареи до 100 долл./кВт-ч, при которой возможно достижение ценового паритета с автомобилями с ДВС, в ближайшие годы остается под вопросом.

⁴⁰³ Минэнерго России предлагает расширить перечень мест для размещения субсидируемых электрочарджинговых станций // Министерство энергетики РФ. [Электронный ресурс] URL: <https://minenergo.gov.ru/node/23506> (дата обращения: 01.04.2022)

⁴⁰⁴ Велика Россия, а заряжать нечего // Коммерсантъ. [Электронный ресурс] URL: <https://www.kommersant.ru/doc/5864485> (дата обращения: 15.04.2023)

⁴⁰⁵ Там же.

⁴⁰⁶ Михаил Мишустин утвердил перечень дополнительных мер поддержки развития электротранспорта // Правительство РФ. [Электронный ресурс] URL: <http://government.ru/news/48386/> (дата обращения: 01.06.2023)

Развитие инфраструктуры общедоступных (публичных) зарядок имеет решающее значение для развития рынка электротранспорта. Важную роль играет и увеличение количества зарядных устройств дома и на работе. К концу 2022 г. суммарное количество общедоступных точек зарядки в мире достигло 2,7 млн шт., из которых на долю быстрых зарядок приходится чуть больше 30%. Безусловным лидером по развитию зарядной инфраструктуры является Китай: в стране располагается более 50% всех медленных зарядок и 85% быстрых зарядок. Важно отметить, что при оценке уровня развития зарядной инфраструктуры важно ориентироваться не только на общее количество зарядных устройств, но и на другие метрики: количество зарядок на 100 тыс. чел.; количество транспортных средств на 1 зарядное устройство/зарядную станцию; количество зарядок на 1 км² и другие.

Российский рынок электромобилей, находясь на начальном этапе развития, демонстрирует положительную динамику. К 2023 г. в России было зарегистрировано 20,7 тыс. электромобилей, что в 32 раза превышает показатель начала 2016 г. Если в 2021 г. каждую неделю в среднем регистрировалось по 25 электромобилей, то к концу 2022 г. – уже по 180 электромобилей. Лидером по количеству электромобилей и зарядных станций является Москва.

Можно выделить шесть категорий барьеров, препятствующих развитию рынка электромобилей: технические; инфраструктурные; экономические (финансовые); поведенческие; связанные с обеспеченностью электроэнергией; внешние. В России существует три ключевых барьера, которые требуют разработки инструментов для их преодоления: недостаточные масштабы производства отечественных электромобилей; низкая конкурентоспособность электромобилей из-за высоких первоначальных затрат и крайне низкая доля электромобилей в российском автопарке; невысокий уровень развития зарядной инфраструктуры.

Инструменты (меры) поддержки/стимулирования электрического автомобильного транспорта, выделенные нами при анализе зарубежного опыта, можно разбить на три группы исходя из барьеров, на которые они нацелены. *Первая группа мер* (стимулирование производства) включает наложение обязательств по реализации определенного количества электрических транспортных средств; финансовую поддержку новых технологий. *Вторая группа мер* (стимулирование спроса) включает предоставление субсидий; полное или частичное освобождение от уплаты налогов; полное или частичное освобождение от платы за парковку и выделение специальных парковочных мест для электромобилей; предоставление доступа к выделенным полосам; субсидирование и регулирование платы за зарядку электромобилей; обязательство для автобусных парков, таксопарков электрифицировать определенный процент парка в установленный срок; организацию специальных программ и схем финансирования для

коммерческих и корпоративных автопарков. *Третья группа мер* (стимулирование развития зарядной инфраструктуры) включает создание государственно-частных партнерств; установку зарядных станций вдоль автомагистралей; установку зарядных станций в местах повышенного спроса (в транспортных хабах, аэропортах, на железнодорожных станциях); субсидирование установки домашней зарядной станции; поиск подходящих локаций и финансирование установки зарядных станций для жителей домов, в которых невозможна организация мест для домашних зарядок; стимулирование развития зарядной инфраструктуры на рабочих местах; установку зарядных станций в правительственных учреждениях. Важно отметить, что к выбору оптимальных мер стимулирования следует подходить не только с точки зрения их результативности в плане влияния на распространение электротранспорта, но и с учетом таких критериев, как: приемлемость для бюджета, соответствие стратегическим целям развития страны в других областях, наличие косвенных эффектов, наличие препятствий административно-правового характера.

ГЛАВА 3. Развитие системы экономических инструментов поддержки электромобилей в России с учетом их конкурентоспособности и экстерналиальных издержек

3.1. Экономическая оценка экстерналиальных издержек, связанных с выбросами загрязняющих воздух веществ и парниковых газов от электромобилей и автомобилей с двигателем внутреннего сгорания в России⁴⁰⁷

Автомобильный транспорт является одним из главных источников загрязнения атмосферного воздуха в крупных городах России. Легковые автомобили составляют большую часть российского автомобильного парка – 84% от общего количества. На легкий коммерческий автотранспорт приходится 8%, доля грузовых автомобилей и автобусов – 7% и 1% соответственно⁴⁰⁸. В крупных городах доля личных автомобилей в общем объеме выбросов вредных веществ составляет более 30%, в крупнейших городах, таких как, например, Москва, может достигать 90%⁴⁰⁹. Москва и Санкт-Петербург, согласно исследованию от 2019 г., заняли второе и четвертое места в списке городов с высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха диоксидом азота (NO₂), выбросы которого преимущественно связаны с автомобильным транспортом⁴¹⁰.

При оценке экстерналиальных издержек, связанных с загрязнением городского воздуха, мы сопоставим прямые выбросы автомобилей с ДВС, образующиеся при сгорании топлива в двигателе, с косвенными выбросами электромобилей, которые образуются в процессе генерации электроэнергии на городских электростанциях. В обоих случаях также учтем выбросы твердых частиц невыхлопного происхождения.

В *«Руководстве по экстерналиальным издержкам транспорта»*, подготовленном компанией CE Delft по заказу Европейской комиссии, представлены внешние издержки выбросов загрязняющих веществ в евроцентах на 1 км в ценах 2016 г., сгруппированные по месту выбросов, типу и размеру транспортного средства, виду топлива и экологическим

⁴⁰⁷ При написании данного раздела были использованы материалы опубликованных статей: Барабошкина А.В. Сравнительная оценка конкурентоспособности и экстерналиальных издержек электромобиля и автомобиля с двигателем внутреннего сгорания (на примере города Москвы) // Экономика и управление. – 2023. – Т. 29. – № 4. – С. 423–434; Барабошкина А.В., Кудрявцева О.В. Оценка конкурентоспособности российского электромобиля как обоснование необходимости стимулирования рынка электромобилей в России // Russian Journal of Economics and Law. – 2023. – Т. 17. – № 2. – С. 269–288; Барабошкина А.В., Кудрявцева О.В. Экстерналиальные издержки от автомобильного транспорта в контексте перехода к низкоуглеродной экономике: российский опыт // Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика. – 2023. – Т. 58. – № 3. – С. 137–156.

⁴⁰⁸ Сорокин Н.Д. Выбросы автотранспорта и качество атмосферного воздуха в городах // Экология производства. – 2020. – № 6. – С. 61.

⁴⁰⁹ Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года. Распоряжение Правительства РФ от 27.11.2021 № 3363-р. [Электронный ресурс] URL: <http://static.government.ru/media/files/7enYF2uL5kFZlOOpQhLl0nUT91RjCbeR.pdf> (дата обращения: 16.01.2022)

⁴¹⁰ Москва и Санкт-Петербург в лидерах рейтинга городов с самыми высокими уровнями загрязнения NO₂ // TechInsider. [Электронный ресурс] URL: <https://www.techinsider.ru/science/news-1551879-moskva-i-sankt-peterburg-zanyali-pervyye-strochki-v-reytinge-gorodov-s-samymi-vysokimi-urovnyami-zagryazneniya-no2/> (дата обращения: 15.11.2022)

стандартам. Оцениваемое негативное воздействие выбросов вредных веществ автотранспортом в основном представлено ущербом здоровью человека, но также включает ущерб биоразнообразию и материальным объектам. Нас интересуют издержки, связанные с загрязнением воздуха бензиновыми автомобилями среднего размера, эксплуатация которых происходит в городах⁴¹¹.

Для расчета средневзвешенных значений экстерналий издержек используем внешние издержки из «Руководства» (Таблица 11) и данные по российскому парку легковых автомобилей в разрезе экологических классов (Таблица 12).

Таблица 11 – Экстерналии издержки, связанные с загрязнением воздуха легковыми автомобилями с ДВС, ЕС-28, евроцент/км (в ценах 2016 г.)

Транспортное средство	Топливо	Сегмент	Экологический класс	Город (верхняя оценка)	Город (нижняя оценка)
Легковой автомобиль	Бензин	Средний класс (1,4–2 л)	Евро-0	7,14	4,70
			Евро-1	1,36	0,79
			Евро-2	0,57	0,50
			Евро-3	0,27	0,27
			Евро-4	0,19	0,23
			Евро-5	0,19	0,17

Источник: составлено автором по Internalisation of transport external costs // European Commission. [Электронный ресурс] URL: https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/sustainable-transport/internalisation-transport-external-costs_en (дата обращения: 27.12.2022)

Таблица 12 – Структура парка легковых автомобилей России в разрезе экологических классов

Экологический класс	Россия
Евро-0	25,1%
Евро-1	4,1%
Евро-2	11,7%
Евро-3	14,3%
Евро-4	28,4%
Евро-5 (и выше)	16,4%

⁴¹¹ Все данные находятся в приложениях (Annexes) к «Руководству по экстерналиям издержкам транспорта». (Internalisation of transport external costs // European Commission. [Электронный ресурс] URL: https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/sustainable-transport/internalisation-transport-external-costs_en (дата обращения: 27.12.2022))

Источник: Структура автопарка РФ и Москвы по экологическим классам // Автостат. [Электронный ресурс] URL: <https://www.autostat.ru/infographics/38282/> (дата обращения: 27.12.2022)

В результате расчетов получены следующие средневзвешенные значения экстернальных издержек: 2,04 евро/100 км (верхняя оценка для городов) и 1,4 евро/100 км (нижняя оценка для городов). Полученные оценки являются *промежуточными*, далее мы воспользуемся методикой ОЭСР для их трансформации с учетом разницы в ценах и доходах во временном и страновом контексте.

Степень ущерба от косвенных выбросов загрязняющих веществ электромобилей зависит от структуры производства электроэнергии. Одну из самых больших баз данных, содержащую подробную информацию о жизненном цикле транспортных средств и топливном цикле, предоставляет ведущий научно-исследовательский центр США Argonne National Laboratory. Нас интересуют объемы выбросов загрязняющих веществ на стадии «от скважины до бака», конкретнее та их часть, которая происходит в результате генерации электроэнергии на городских электростанциях. Рассмотрим четыре сценария выбросов:

1) «Россия» (косвенные выбросы электромобилей рассчитываются исходя из национальной структуры производства электроэнергии, в которой доля природного газа составляет 43%, доля угля – 16,2%⁴¹²);

2) «газовый» (доля природного газа приближается к 100%);

3) «угольный» (доля угля приближается к 100%);

4) «гидроэнергия» (доля гидроэнергии приближается к 100%).

Корректировку данных по выбросам основных загрязняющих веществ, взятых из базы данных Argonne National Laboratory⁴¹³, проведем с учетом долей ископаемого топлива в каждом из предложенных сценариев. Представим полученные результаты в виде таблицы (Таблица 13).

Таблица 13 – Объемы косвенных выбросов загрязняющих веществ при эксплуатации электромобилей в четырех сценариях, кг/100 км

	Сценарий 1 («Россия»)	Сценарий 2 («Газовый»)	Сценарий 3 («Угольный»)	Сценарий 4 («Гидроэнергия»)
NM VOC	0,000047	0,000062	0,000124	0
CO	0,00069	0,00056	0,00280	0
NOx	0,00138	0,00068	0,00671	0
SOx	0,00146	0,000062	0,00882	0

⁴¹² Russia // IEA. [Электронный ресурс] URL: <https://www.iea.org/countries/russia> (дата обращения: 05.05.2022)

⁴¹³ GREET Tools: WTW Calculator // Argonne National Laboratory. [Электронный ресурс] URL: <https://greet.es.anl.gov/results> (дата обращения: 11.01.2023)

PM10	0,00017	0,00012	0,00075	0
PM2.5	0,00014	0,00012	0,00056	0

Источник: рассчитано автором на основе GREET Tools: WTW Calculator // Argonne National Laboratory. [Электронный ресурс] URL: <https://greet.es.anl.gov/results> (дата обращения: 11.01.2023)

По данным ОЭСР, объемы *невыхлопных* выбросов твердых частиц PM2.5 при эксплуатации легковых полностью электрических и бензиновых автомобилей в среднем составляют 0,00142 кг/100 км и 0,00143 кг/100 км; PM10 – 0,00273 кг/100 км и 0,00296 г/100 км соответственно⁴¹⁴. Согласно «Руководству», экстернальные издержки, связанные с выбросами твердых частиц PM невыхлопного происхождения, составляют 22,3 евро/кг в ценах 2016 г.⁴¹⁵

Для трансформации экстернальных издержек в страновом и временном контексте важно учитывать разницу в ценах и доходах. Такую трансформацию возможно реализовать, применив формулу, представленную в исследовании ОЭСР⁴¹⁶. Хотя в оригинале с помощью данной формулы трансформируется величина стоимости среднестатистической жизни человека (VSL), однако аналогичное преобразование допустимо и для стоимости года жизни (VOLY), что является более корректным в случае с оценкой ущерба здоровью человека от загрязнения воздуха⁴¹⁷. Формула выглядит следующим образом:

$$VSL \text{ year} = VSL \text{ EU base year} \times (Y \text{ C} / Y \text{ EU})^E \times PPP \times (1 + \% \Delta P + \% \Delta Y), \text{ где}$$

VSL EU base year – базовое значение VSL для стран ЕС;

Y C – ВВП на душу населения по ППС анализируемой страны в ценах рассматриваемого года;

Y EU – средний ВВП на душу населения в странах ЕС по ППС в ценах рассматриваемого года;

E – эластичность VSL по доходу (для экологических благ среднее значение составляет 0,8⁴¹⁸);

PPP – обменный курс, рассчитанный по паритету покупательной способности в ценах базового года;

%ΔP – процентное изменение индекса потребительских цен (ИПЦ) с базового по рассматриваемый годы;

%ΔY – процентное изменение в росте реального ВВП на душу населения с базового по рассматриваемый годы⁴¹⁹.

⁴¹⁴ Non-exhaust Particulate Emissions from Road Transport: An Ignored Environmental Policy Challenge. – Paris: OECD Publishing, 2020. – P. 91.

⁴¹⁵ Handbook on the external costs of transport: version 2019 – 1.1. Ibid. P. 56.

⁴¹⁶ The Cost of Air Pollution: Health Impacts of Road Transport. Ibid.

⁴¹⁷ Handbook on the external costs of transport: version 2019 – 1.1. Ibid.

⁴¹⁸ Handbook on the external costs of transport: version 2019 – 1.1. Ibid. P. 36.

Важно отметить ряд принятых нами допущений:

- во-первых, как уже было упомянуто выше, мы использовали величину VOLY, а не VSL;
- во-вторых, для корректного применения формулы, содержащей обменный курс по ППС, мы перевели величину VOLY, указанную в «Руководстве» в евро в ценах 2016 г. (70 тыс. евро⁴²⁰), в доллары в ценах 2016 г.⁴²¹ и получили 77476 долл.; все экстернальные издержки, указанные в евро, мы также перевели в доллары.

- в-третьих, внешние издержки, связанные с косвенными выбросами СО и твердых частиц (PM10, PM2.5), взяты из работы М. Делуччи⁴²² в силу их отсутствия в «Руководстве» или неоднозначности интерпретации и переведены в цены 2016 г. с учетом изменений в ИПЦ⁴²³ и росте реального ВВП на душу населения в США⁴²⁴.

Для проведения расчетов мы использовали данные Всемирного банка⁴²⁵, ОЭСР⁴²⁶ и Росстата⁴²⁷.

Полученная величина VOLY составляет 1,57 млн руб. в ценах 2021 г. Эта величина меньше оригинальной (70 тыс. евро, или 6,09 млн. руб. в пересчете по среднему обменному курсу ЦБ РФ в 2021 г.⁴²⁸) почти в четыре раза, что близко к значению понижающего коэффициента для России (равного пяти), используемого для корректировки зарубежных оценок ущерба от загрязнения воздуха в работе О.Е. Медведевой и А.И. Артеменкова⁴²⁹. С учетом полученной нами разницы в значениях VOLY трансформируем зарубежные оценки экстернальных издержек, связанных с выбросами загрязняющих веществ от легковых автомобилей и бензиновых автомобилей, в рубли в ценах 2021 г.

⁴¹⁹ The Cost of Air Pollution: Health Impacts of Road Transport. Ibid. P. 54–55; Барабошкина А.В., Кудрявцева О.В. Экстернальные издержки от автомобильного транспорта в контексте перехода к низкоуглеродной экономике: российский опыт // Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика. Указ. раб. С. 148.

⁴²⁰ Handbook on the external costs of transport: version 2019 – 1.1. Ibid. P. 193.

⁴²¹ Среднегодовой курс евро к доллару в 2016 г. составлял 1,1068 долл. за 1 евро. (Euro to US Dollar Spot Exchange Rates for 2016 // Exchange Rates UK. [Электронный ресурс] URL: <https://www.exchangerates.org.uk/EUR-USD-spot-exchange-rates-history-2016.html> (дата обращения: 11.01.2023))

⁴²² Delucchi M.A. Ibid. P. 143.

⁴²³ Inflation Calculator. [Электронный ресурс] URL: <https://www.in2013dollars.com/> (дата обращения: 11.01.2023)

⁴²⁴ GDP per capita growth (annual %) // The World Bank. [Электронный ресурс] URL: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.KD.ZG> (дата обращения: 15.04.2023)

⁴²⁵ GDP per capita, PPP (current international \$) // The World Bank. [Электронный ресурс] URL: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.PP.CD> (дата обращения: 15.04.2023); GDP per capita growth (annual %) // The World Bank. [Электронный ресурс] URL: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.KD.ZG> (дата обращения: 15.04.2023)

⁴²⁶ Purchasing power parities (PPP) // OECD Data. [Электронный ресурс] URL: <https://data.oecd.org/conversion/purchasing-power-parities-ppp.htm> (дата обращения: 15.04.2023)

⁴²⁷ Индексы потребительских цен // Федеральная служба государственной статистики. [Электронный ресурс] URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/price#> (дата обращения: 15.04.2023)

⁴²⁸ Среднегодовой курс ЦБ РФ в 2021 г. составлял 87 руб. за 1 евро. (Курс евро в 2021 г. URL: <https://ratestats.com/euro/2021/> (дата обращения: 15.04.2023))

⁴²⁹ Медведева О.Е., Артеменков А.И. Оценка ущерба от загрязнения атмосферного воздуха в России. Современные подходы и методика // Имущественные отношения в РФ. – 2019. – № 8 (215). – С. 31–42.

В таблице 14 приведены полученные результаты (Таблица 14).

Таблица 14 – Трансформированные экстернальные издержки, связанные с выбросами загрязняющих воздух веществ от автотранспорта

Издержки, связанные с прямыми выбросами автомобилей с ДВС, руб./100 км в ценах 2021 г. (итоговые оценки)		Издержки, связанные с выбросами РМ невыхлопного происхождения, руб./кг в ценах 2021 г. (промежуточная оценка)	Загрязняющие воздух вещества	Издержки, связанные с косвенными выбросами электромобилей, руб./кг в ценах 2021 г. (промежуточные оценки)
Город (нижняя оценка)	Город (верхняя оценка)			
31,49	45,92	501,46	NMVOC	27,02
			NO _x	245,04
			SO ₂	245,04
			PM2.5	297,26
			PM10	28,65
			CO	2,44

Примечание: все оригинальные и переведенные в доллары в ценах 2016 г. экстернальные издержки, связанные с загрязнением воздуха, представлены в приложении 2.

Источник: составлено автором

Последним шагом остается умножение издержек, связанных с косвенными выбросами каждого из загрязняющих воздух веществ (руб./кг), на их объемы в каждом из сценариев (кг/100 км) (см. Таблицу 13), а также умножение издержек, связанных с *невыхлопными* выбросами твердых частиц РМ (руб./кг), на их вышеупомянутые объемы при эксплуатации электромобилей и бензиновых автомобилей (кг/100 км).

Итоговые результаты приведены на рисунке 14.

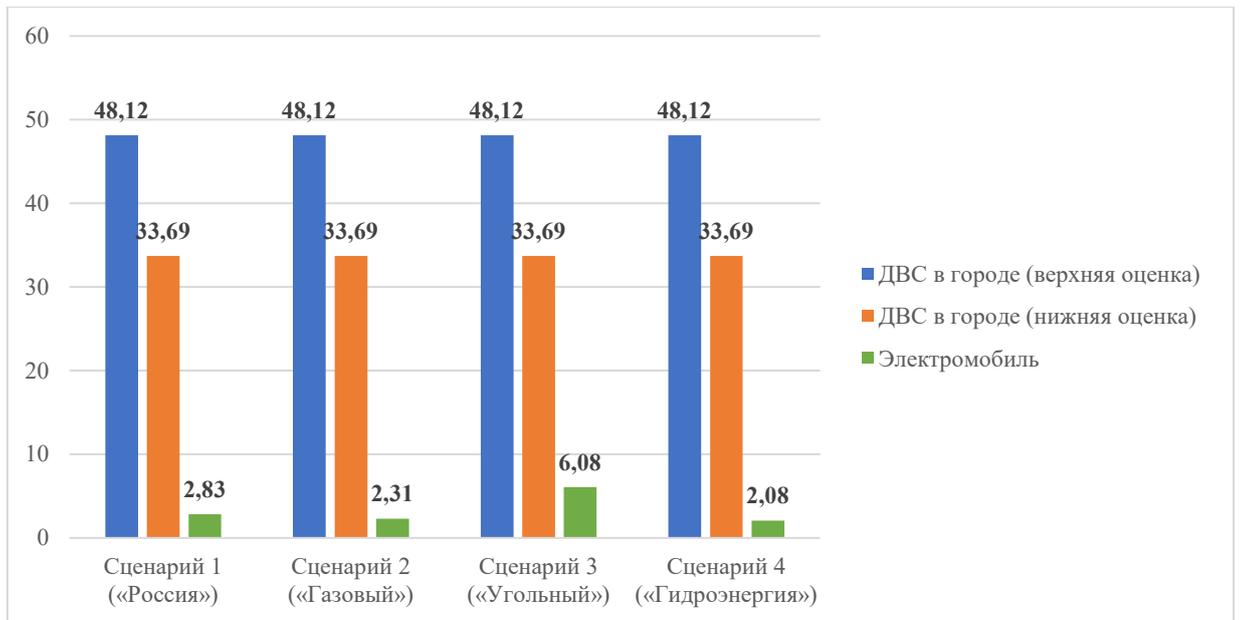


Рисунок 14 – Экстернальные издержки, связанные с выбросами загрязняющих воздух веществ на стадии эксплуатации транспортных средств, руб./100 км

Источник: составлено автором

Экстернальные издержки, связанные с загрязнением воздуха на стадии эксплуатации транспортных средств, во всех сценариях выше у автомобилей с ДВС. В «угольном» сценарии разница между экстернальными издержками электромобилей и автомобилей с ДВС наименьшая и составляет 5,5 и 7,9 раза в зависимости от размера города. В сценарии «гидроэнергия» разница между издержками наибольшая – 16,2 и 23,1 раза соответственно. Разрыв в экстернальных издержках автомобилей с ДВС и электромобилей обусловлен, во-первых, тем, что бóльшая степень рассеивания выбросов при сжигании топлива на электростанциях снижает концентрацию вредных веществ и, соответственно, наносимый ущерб. Во-вторых, только в сценарии 3 («угольный») основным топливом является уголь, сжигание которого характеризуется наибольшим объемом выбросов вредных веществ. В сценарии 4 («гидроэнергия») в случае электромобилей имеют место исключительно выбросы твердых частиц невыхлопного происхождения.

Если загрязняющие атмосферный воздух вещества наносят ущерб здоровью человека и окружающей среде, прежде всего, на локальном и региональном уровнях, то антропогенные выбросы парниковых газов⁴³⁰ оказывают негативное воздействие на климат на глобальном уровне. В связи с этим, помимо оценки экстернальных издержек, связанных с выбросами парниковых газов на стадии эксплуатации, необходимой для дальнейшего расчета размера

⁴³⁰ Выбросы CO₂ составляют 95–99 % совокупных выбросов парниковых газов от автомобилей, предназначенных для перевозки пассажиров. CO₂ также является преобладающим парниковым газом в выбросах, связанных с производством электроэнергии. (Greenhouse Gas Emissions from Electric and Plug-In Hybrid Vehicles. Beyond Tailpipe Emissions Calculator // U.S. Department of Energy. [Электронный ресурс] URL: <https://www.fueleconomy.gov/feg/Find.do?action=bt2> (дата обращения: 16.01.2023))

потребительской субсидии, мы дадим оценку в денежном выражении выбросам на жизненном цикле электромобилей и автомобилей с ДВС, включив полный топливный цикл и стадию производства транспортных средств. Объемы выбросов представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Объемы выбросов парниковых газов на отдельных стадиях и полном жизненном цикле⁴³¹ электромобилей и автомобилей с ДВС, кг CO₂-экв./100 км

	Эксплуатация*	Углеродный след**
Автомобиль с ДВС	15,3	19,82
Электромобиль (российская структура производства электроэнергии)	7,98	14,95
Электромобиль (доля природного газа ~ 100%)	10,05	17,33
Электромобиль (доля угля ~ 100%)	22,59	31,74
Электромобиль (доля гидроэнергии ~ 100%)	0	5,78

Примечание: *стадия эксплуатации включает прямые выбросы автомобилей с ДВС и косвенные выбросы (генерация электроэнергии на электростанциях) электромобилей; четыре сценария выбросов рассматриваются только применительно к стадии эксплуатации; ** углеродный след, помимо выбросов на стадии эксплуатации, включает выбросы на стадиях производства топлива и производства транспортных средств.

Источник: GREET Tools: WTW Calculator // Argonne National Laboratory. [Электронный ресурс] URL: <https://greet.es.anl.gov/results> (дата обращения: 11.01.2023); Электромобили VS. Автомобили с ДВС. Указ. раб. С. 24.

В качестве оценки экстерналий издержек, обусловленных выбросами парниковых газов, мы используем величину в 1000 руб./т CO₂-экв. – именно по этой цене были реализованы углеродные единицы в ходе первых торгов на Московской бирже⁴³².

Полученные результаты представлены на рисунках ниже (Рисунок 15 и Рисунок 16).

⁴³¹ Без стадии утилизации.

⁴³² На Мосбирже начали продавать углеродные единицы. [Электронный ресурс] URL: <https://rg.ru/2022/10/12/torg-zdes-umesten.html> (дата обращения: 24.12.2022)

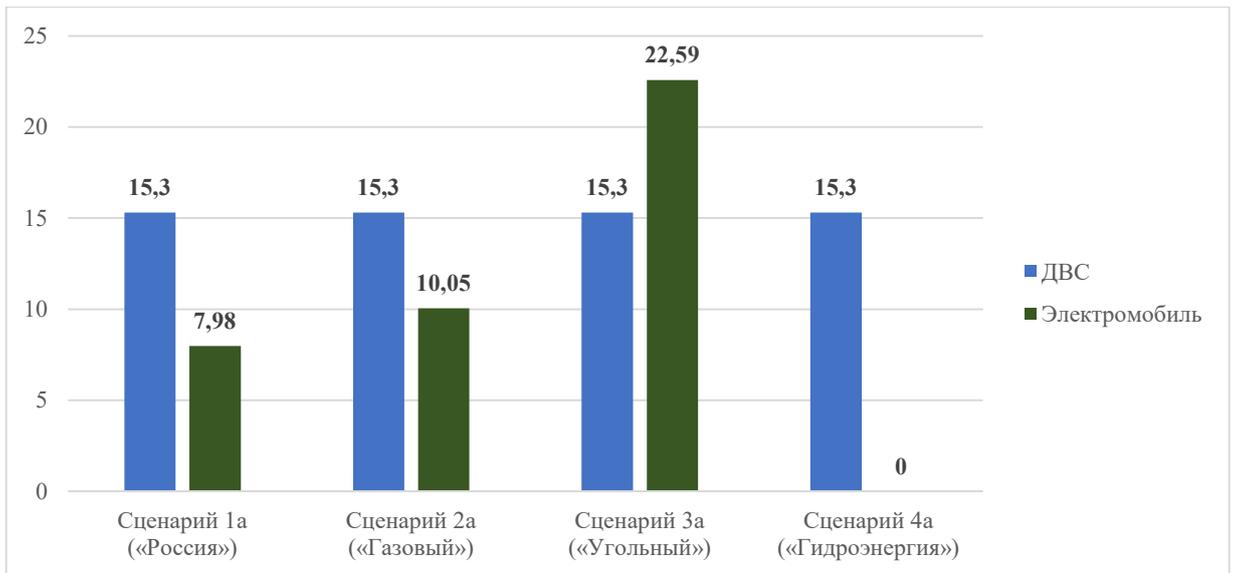


Рисунок 15 – Экстернальные издержки, связанные с выбросами парниковых газов на стадии эксплуатации транспортных средств, руб./100 км

Источник: составлено автором

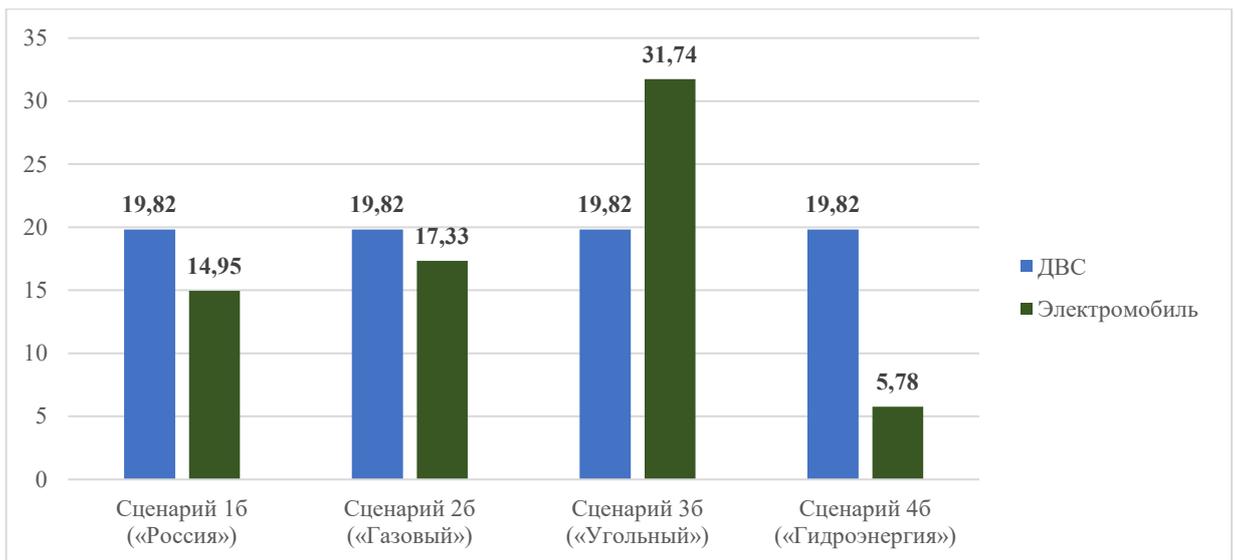


Рисунок 16 – Экстернальные издержки, связанные с выбросами парниковых газов на жизненном цикле транспортных средств⁴³³ (углеродный след), руб./100 км

Источник: составлено автором

Экстернальные издержки, связанные с выбросами парниковых газов, выше на стадии эксплуатации и в целом на жизненном цикле автомобилей с ДВС во всех сценариях, кроме «угольного». В «угольном» сценарии экстернальные издержки электромобилей выше, чем у автомобилей с ДВС в 1,5 раза (стадия эксплуатации) и 1,6 раза (жизненный цикл). Поэтому распространение электромобилей в городах и регионах с крайне высокой долей угля в структуре производства электроэнергии (например, в г. Чите, где доля угля в топливном

⁴³³ Без стадии утилизации.

балансе электростанций составляет 99,8%⁴³⁴) не будет являться инструментом перехода к низкоуглеродному развитию, а, наоборот, может привести к увеличению выбросов парниковых газов. В сценарии 4а («гидроэнергия») косвенные выбросы при эксплуатации электромобилей (генерация электроэнергии) полностью отсутствуют. Это означает, что увеличение доли электромобилей в богатых гидроэнергией регионах и городах может внести существенный вклад в сокращение выбросов. Однако важно учитывать ограничивающие факторы. Например, Республика Дагестан, где почти 100% электричества вырабатывается на ГЭС, является энергодефицитным регионом⁴³⁵.

На начало 2023 г. в российском парке легковых автомобилей насчитывалось 20,7 тыс. электромобилей⁴³⁶. Ожидается, что к 2030 г. количество легковых электромобилей может достигнуть 630 тыс. шт.⁴³⁷, или 1,3% от совокупного парка легковых автомобилей⁴³⁸.

В таблице 16 представлены полученные нами общественные выгоды от замены части российского парка традиционных легковых автомобилей электромобилями при величине пробега 18,7 тыс. км в год⁴³⁹.

Таблица 16 – Общественные выгоды от перехода 1,3% российского парка легковых автомобилей на электротягу, млн руб./год

	Загрязнение воздуха		Выбросы парниковых газов на жизненном цикле
	Сценарий 1 («Россия») нижняя оценка	Сценарий 1 («Россия») верхняя оценка	Сценарий 1б («Россия»)

⁴³⁴ Распоряжение Губернатора Забайкальского края от 30.04.2021 № 225-р «Схема и программа развития электроэнергетики Забайкальского края на 2022–2026 годы». [Электронный ресурс] URL: <https://media.75.ru/minenergo/documents/105522/gubernatora-zabaykal-skogo-kraya-ot-30-04-2021g-225-r-sipr.pdf> (дата обращения: 01.02.2023)

⁴³⁵ Дагестан энергетический: неизбежный кризис или возможный ренессанс // РИА Дербент. [Электронный ресурс] URL: <https://riaderbent.ru/dagestan-energeticheskij-neizbezhnyj-krizis-ili-vozmozhnyj-renessans.html> (дата обращения: 01.02.2023)

⁴³⁶ Лобода В. Число зарегистрированных электромобилей в России превысило 20 тысяч // Автостат. [Электронный ресурс] URL: <https://www.autostat.ru/news/54027/> (дата обращения: 10.03.2023)

⁴³⁷ Эксперты предсказали, сколько электромобилей будет в России к 2030 году // РИА Новости. [Электронный ресурс] URL: <https://ria.ru/20211021/elektromobil-1755502699.html> (дата обращения: 10.03.2023)

⁴³⁸ На начало 2023 г. в российском автопарке насчитывалось 45,39 млн легковых автомобилей (Лобода В. LADA и еще 10 марок с парком более 1 млн легковых автомобилей // Автостат. [Электронный ресурс] URL: <https://www.autostat.ru/news/54123/> (дата обращения: 20.03.2023)). С учетом среднего прироста российского автопарка за 2019–2021 гг. (1,65%) количество легковых автомобилей составит 50,1 млн шт. к 2030 г. (Рассчитано автором по: Мингазов С. Число легковых автомобилей впервые сократилось более чем в пяти регионах России // Forbes. [Электронный ресурс] URL: <https://www.forbes.ru/biznes/485397-cislo-legkovykh-avtomobilej-vpervye-sokratilos-bolee-chem-v-pati-regionah-rossii> (дата обращения: 01.02.2023))

⁴³⁹ Аньков В. Среднегодовой пробег автомобилей в России за 3 года вырос на 2,7 тыс. км – эксперты // Интерфакс. [Электронный ресурс] URL: <https://www.interfax-russia.ru/far-east/news/srednegodovoy-probeg-avtomobilej-v-rossii-za-3-goda-vyros-na-2-7-ty-s-km-eksperty> (дата обращения: 05.10.2022)

Без электромобилей	315 677,154	450 830,425	185 687,634
С электромобилями	312 040,578	445 494,317	185 114,331
Выгоды	3 636,576	5 336,108	573,303

Источник: составлено автором

Совокупные общественные выгоды от перехода 1,3% парка легковых автомобилей на электротягу варьируются в диапазоне 4,21–5,91 млрд руб./год.

3.2. Оценка конкурентоспособности российских электромобилей и автомобилей с двигателем внутреннего сгорания⁴⁴⁰

Потребитель, приобретая машину, в основном обращает внимание на первоначальные затраты и в меньшей степени на другие расходы, связанные со всем периодом владения транспортным средством. Выбор автомобиля без учета всех затрат может привести к более дорогостоящему решению в долгосрочной перспективе. Метод оценки совокупной стоимости владения (*Total Cost of Ownership, TCO*) позволяет учесть затраты с момента приобретения автомобиля и до его перепродажи или полного выхода из строя и таким образом оценить его конкурентоспособность.

Данный метод может быть ориентирован исключительно на потребителя. В этом случае в расчеты включаются первоначальные и эксплуатационные затраты, также могут учитываться меры государственной поддержки (субсидии, налоговые льготы и прочие инициативы). Если в модель TCO добавить экономические оценки негативного воздействия транспортного средства на человека и окружающую среду, то она приобретет социально ориентированный характер⁴⁴¹.

Формула совокупной стоимости владения автомобилем с учетом экстерналий выглядит следующим образом:

$$TCS = TCO + EC,$$

где TCS (*Total Cost for Society*) – совокупная стоимость для общества, TCO (*Total Cost of Ownership*) – совокупная стоимость владения, EC (*External Costs*) – экстерналийные издержки.

⁴⁴⁰ При написании данного раздела были использованы материалы опубликованных статей: Барабошкина А.В. Сравнительная оценка конкурентоспособности и экстерналийных издержек электромобиля и автомобиля с двигателем внутреннего сгорания (на примере города Москвы) // Экономика и управление. – 2023. – Т. 29. – № 4. – С. 423–434; Барабошкина А.В., Кудрявцева О.В. Оценка конкурентоспособности российского электромобиля как обоснование необходимости стимулирования рынка электромобилей в России // Russian Journal of Economics and Law. – 2023. – Т. 17. – № 2. – С. 269–288.

⁴⁴¹ De Clerck Q. et al. Total Cost for Society: A persona-based analysis of electric and conventional vehicles // Transportation Research Part D: Transport and Environment. – 2018. – Vol. 64. – Pp. 90–110; Барабошкина А.В. Сравнительная оценка конкурентоспособности и экстерналийных издержек электромобиля и автомобиля с двигателем внутреннего сгорания (на примере города Москвы). Указ. раб.; Барабошкина А.В., Кудрявцева О.В. Оценка конкурентоспособности российского электромобиля как обоснование необходимости стимулирования рынка электромобилей в России. Указ. раб.

Для дальнейшей оценки ТСО мы используем формулу расчета, широко представленную в литературе⁴⁴²:

$$TCO = IC + \sum_{t=1}^N \frac{OC}{(1+r)^t} - \frac{RS}{(1+r)^N},$$

где IC (*Initial Costs*) – первоначальные затраты; OC (*Operating Costs*) – эксплуатационные затраты; RS (*Resale Price*) – цена перепродажи; r – ставка дисконтирования; t – год; N – период владения транспортным средством⁴⁴³.

Исследования, связанные с оценкой совокупной стоимости владения транспортным средством, показывают большое разнообразие в подходах к анализу. Преимущественно совокупная стоимость владения автомобилями с разными типами двигателей рассчитывается без учета экстерналий издержек⁴⁴⁴. В некоторых работах они учитываются, при этом набор рассматриваемых экстерналий отличается: например, Э.А. Гилмор и А. Патвардхан дают экономическую оценку ущербу, вызванному выбросами парниковых газов и загрязняющих воздух веществ⁴⁴⁵; Р. Даниелис и др. анализируют три параметра: экстерналий издержки, связанные с выбросами CO₂, выбросами загрязняющих веществ и шумовым загрязнением⁴⁴⁶; Л. Митропулос и др. включили в расчеты не только издержки выбросов, но и денежную оценку потери времени, обусловленную техническим обслуживанием транспортных средств и их заправкой/зарядкой⁴⁴⁷. Отличается и количество учитываемых расходов потребителя: в расчеты могут включаться или, наоборот, исключаться из них такие параметры, как цена замены аккумуляторной батареи, платежи по кредиту, различные виды налогов и т. п.⁴⁴⁸ Используемые в исследованиях ставки дисконтирования, необходимые для приведения будущих денежных потоков к их текущей стоимости, изменяются в широком диапазоне: от 0% до более чем 60%. Это может быть обусловлено тем, что некоторые автовладельцы существенно недооценивают

⁴⁴² Parker N., Breetz H. L., Salon D. et al. Who saves money buying electric vehicles? Heterogeneity in total cost of ownership // *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. – 2021. – Vol. 96. – Pp. 1–16; Breetz H. L., Salon D. Do electric vehicles need subsidies? Ownership costs for conventional, hybrid, and electric vehicles in 14 U.S. cities // *Energy Policy*. – 2018. – Vol. 120. – Pp. 238–249.

⁴⁴³ Барабошкина А.В., Кудрявцева О.В. Оценка конкурентоспособности российского электромобиля как обоснование необходимости стимулирования рынка электромобилей в России. Указ. раб. С. 275.

⁴⁴⁴ Letmathe P., Soares M. A consumer-oriented total cost of ownership model for different vehicle types in Germany // *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. – 2017. – Vol. 57. – Pp. 314–335; Lévy P.Z., Drossinos Y., Thiel C. The effect of fiscal incentives on market penetration of electric vehicles: A pairwise comparison of total cost of ownership // *Energy Policy*. – 2017. – Vol. 105. – Pp. 524–533; Palmer K., Tate J.E., Wadud Z., Nellthorp J. Total cost of ownership and market share for hybrid and electric vehicles in the UK, US and Japan // *Applied Energy*. – 2018. – Vol. 209. – Pp. 108–119; Синицын М.В. Ценовая конкурентоспособность легковых электромобилей в США // *Инновации и инвестиции*. 2019. № 7. С. 74–80.

⁴⁴⁵ Gilmore E.A., Patwardhan A. Passenger vehicles that minimize the costs of ownership and environmental damages in the Indian market // *Applied Energy*. – 2016. – Vol. 184. – Pp. 863–872.

⁴⁴⁶ Danielis R., Giansoldati M., Scorrano M. Consumer and society-oriented cost of ownership of electric and conventional cars in Italy // *Working Papers SIET*. – 2019. – № 19_3. – Pp. 1–21.

⁴⁴⁷ Mitropoulos L.K., Prevedouros P.D., Kopelias P. Ibid.

⁴⁴⁸ Letmathe P., Soares M. Ibid.

влияние эксплуатационных затрат (в сравнении с первоначальными расходами) на совокупную стоимость владения транспортными средствами, другие, наоборот, переоценивают его⁴⁴⁹. Рассматриваемые сроки владения также варьируются: от трех лет⁴⁵⁰ до шестнадцати^{451, 452}.

В целом, результаты многих исследований, посвященных сравнительной оценке совокупной стоимости владения электромобилями и традиционными автомобилями, показывают, что без мер поддержки первые пока не конкурентоспособны.

Р. Даниелис и др. отмечают, что в Италии покупка электромобиля не является экономически оправданной без предоставления субсидий в размере 4–6 тыс. евро. Интернализация экстерналийных издержек, хотя и снижает разницу в стоимости владения полностью электрическим автомобилем и автомобилем с ДВС, не делает первый конкурентоспособным⁴⁵³. В Норвегии только существенные налоговые послабления для полностью электрических автомобилей и увеличение налоговой нагрузки на автомобили с ДВС смогли обеспечить конкурентоспособность первых при четырехлетнем сроке владения⁴⁵⁴. М. Хасан и др. в своем исследовании демонстрируют, что в Новой Зеландии совокупная стоимость двенадцатилетнего владения новым электромобилем намного выше, чем у автомобиля с ДВС из-за высоких затрат на покупку и замену батареи, и только реализация государственной программы «Скидка на чистый автомобиль» практически обеспечивает ему достижение равенства по стоимости владения с традиционным аналогом. При этом владение подержанным электромобилем оказалось выгоднее, чем владение новым и даже подержанным автомобилем с ДВС⁴⁵⁵. В исследовании П. Кумара и С. Чакрабарты показано, что в Индии ТСО в расчете на 1 км у электромобилей выше, чем у бензиновых, дизельных и метановых аналогов. Это обусловлено высокой первоначальной стоимостью электрических хэтчбеков и седанов. Авторы отмечают, что увеличение пробега может снизить разницу в ТСО анализируемых транспортных средств, но даже при ежегодном пробеге 30 тыс. км владение электромобилем оказывается более дорогостоящим^{456, 457}.

⁴⁴⁹ Santos G., Rembalski S. Do electric vehicles need subsidies in the UK? // Energy Policy. – 2021. – Vol. 149. – Pp. 1–27.

⁴⁵⁰ Захаров А. Дорогие километры: в какую сумму обходится владение автомобилем в России // РИА Новости. [Электронный ресурс] URL: <https://ria.ru/20160914/1476953363.html> (дата обращения: 09.05.2022)

⁴⁵¹ Electric Cars in Germany: Calculating the Total Cost of Ownership for Consumers. Final report (v2) for VZBV & BEUC. – Cambridge: Element Energy Limited, 2021. – P. 8.

⁴⁵² Барабошкина А.В. Сравнительная оценка конкурентоспособности и экстерналийных издержек электромобиля и автомобиля с двигателем внутреннего сгорания (на примере города Москвы). Указ. раб.

⁴⁵³ Danielis R., Giansoldati M., Scorrano M. Ibid.

⁴⁵⁴ Lévy P.Z., Drossinos Y., Thiel C. Ibid.; Барабошкина А.В. Сравнительная оценка конкурентоспособности и экстерналийных издержек электромобиля и автомобиля с двигателем внутреннего сгорания (на примере города Москвы). Указ. раб.

⁴⁵⁵ Hasan M.A., Frame D.J., Chapman R., Archie K.M. Costs and emissions: Comparing electric and petrol-powered cars in New Zealand // Transportation Research Part D: Transport and Environment. – 2021. – Vol. 90. – Pp. 1–13.

⁴⁵⁶ Kumar P., Chakrabarty S. Total Cost of Ownership Analysis of the Impact of Vehicle Usage on the Economic Viability of Electric Vehicles in India // Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board. – 2020. – Vol. 2674. – № 11. – Pp. 1–10.

Оценка совокупной стоимости владения

В качестве объектов сопоставления нами выбраны российский электрический седан Evolute i-Pro, который с осени 2022 г. производится в Липецкой области на заводе «Моторинвест», и наиболее близкий к нему по техническим параметрам из российских седанов бензиновый автомобиль Lada Vesta Sport. Выбор Evolute i-Pro обусловлен тем, что, во-первых, отечественная марка Evolute лидирует на российском рынке новых электромобилей. Согласно данным «Автостата» от июня 2023 г., она занимает более 20% рынка⁴⁵⁸. Во-вторых, Evolute i-Pro является самым бюджетным электромобилем из модельного ряда Evolute⁴⁵⁹. В-третьих, пока это единственная⁴⁶⁰ отечественная марка электромобилей, которая попадает под программу государственного субсидирования электромобилей Минпромторга России⁴⁶¹. Технические характеристики сопоставляемых моделей перечислены в приложении 3.

Среднегодовой пробег автомобиля в России составляет 18,7 тыс. км⁴⁶². Средний срок владения новым автомобилем в России – примерно пять лет⁴⁶³. Таким образом, оценка ТСО будет проведена исходя из пятилетнего срока владения автомобилями, или при общем пробеге в 93,5 тыс. км. При сравнении ТСО электромобилей и традиционного автомобиля будут использоваться только значимые для определения разницы в их стоимости параметры.

Первоначальные затраты рассчитываются исходя из рекомендованных розничных цен производителей и расходов на приобретение и установку зарядной станции в подземном паркинге многоквартирного дома в случае электромобилей.

Рекомендованная розничная цена Evolute i-Pro составляет 2,99 млн руб.⁴⁶⁴, Lada Vesta Sport – 1 597 900 руб.⁴⁶⁵ Стандартная зарядная станция для дома, которую предлагает компания

⁴⁵⁷ Барабошкина А.В., Кудрявцева О.В. Оценка конкурентоспособности российского электромобилей как обоснование необходимости стимулирования рынка электромобилей в России. Указ. раб.

⁴⁵⁸ Чупров А. В России продано более 1000 электромобилей Evolute // Автостат [Электронный ресурс]. URL: <https://www.autostat.ru/news/54810> (дата обращения: 10.06.2023)

⁴⁵⁹ Официальный сайт Evolute. [Электронный ресурс] URL: <https://www.evolute.ru/> (дата обращения: 15.02.2023)

⁴⁶⁰ Электрический кроссовер «Москвич 3е» пока не включен в список моделей электромобилей, доступных для покупки по государственной программе льготного автокредитования. (Трубин А. «Москвич 3е» не вошел в список программы льготного автокредитования // Autonews. [Электронный ресурс] URL: <https://www.autonews.ru/news/642687599a79472910c05ee4> (дата обращения: 04.04.2023))

⁴⁶¹ Барабошкина А.В., Кудрявцева О.В. Оценка конкурентоспособности российского электромобилей как обоснование необходимости стимулирования рынка электромобилей в России. Указ. раб. С. 274.

⁴⁶² Аньков В. Среднегодовой пробег автомобилей в России за 3 года вырос на 2,7 тыс. км – эксперты // Интерфакс. [Электронный ресурс] URL: <https://www.interfax-russia.ru/far-east/news/srednegodovoy-probeg-avtomobiley-v-rossii-za-3-goda-vyros-na-2-7-tys-km-eksperty> (дата обращения: 05.10.2022)

⁴⁶³ Тимерханов А. Какие сроки владения автомобилями в России? // Автостат. [Электронный ресурс] URL: <https://www.autostat.ru/news/46900/> (дата обращения: 05.10.2022)

⁴⁶⁴ Официальный сайт Evolute. [Электронный ресурс] URL: <https://www.evolute.ru/> (дата обращения: 15.02.2023)

⁴⁶⁵ Официальный сайт Lada Vesta Sport. [Электронный ресурс] URL: <https://www.yahroma-lada.ru/ds/cars/vesta/sport/prices.html> (дата обращения: 15.02.2023)

Evolute, стоит минимум 60 тыс. руб.⁴⁶⁶ Установка зарядки, включая покупку необходимых кабелей и материалов, работу электрика, может обойтись в 114,5 тыс. руб.⁴⁶⁷

Эксплуатационные затраты включают расходы на бензин/электроэнергию⁴⁶⁸ и техобслуживание⁴⁶⁹. Срок службы аккумуляторной батареи составляет 8–10 лет⁴⁷⁰, поэтому при пятилетнем владении электромобилем затраты на замену батареи не учитываются.

Техобслуживание Evolute i-Pro в среднем по городам России может обходиться в 15,8 тыс. руб. в год. Техобслуживание автомобилей с ДВС, в том числе и Lada Vesta, более дорогостоящее – примерно 28,8 тыс. руб.⁴⁷¹ Разница обусловлена тем, что электромобилю не нужно менять моторное масло, кислородный датчик, свечи зажигания, приводные ремни и другие компоненты, связанные с ДВС⁴⁷².

Затраты на бензин и электроэнергию рассмотрим на примере Москвы, которая является лидером на российском рынке новых электромобилей. Владелец Lada Vesta Sport при расходе топлива в 7,9 л/100 км и средней за первые пять месяцев 2023 г. цене на бензин АИ-95 в Москве тратит 77,7 тыс. руб. в год⁴⁷³. Владелец Evolute i-Pro при расходе электроэнергии 12,62 кВт·ч/100 км и зарядке по московскому ночному тарифу ежегодно тратит всего около 6,2 тыс. руб.⁴⁷⁴

Л. Шлотер проанализировал динамику потери стоимости электромобилей и их бензиновых аналогов из разных сегментов и стран и пришел к выводу, что электромобиль в среднем ежегодно теряет в стоимости 13,9%, в то время как автомобиль с бензиновым двигателем – 10,4%⁴⁷⁵. Таким образом, цена перепродажи через 5 лет составит 47% и 58% от рекомендованных розничных цен соответственно. Это во многом связано с быстрым

⁴⁶⁶ Официальный сайт Evolute. [Электронный ресурс] URL: <https://www.evolute.ru/> (дата обращения: 15.02.2023)

⁴⁶⁷ Рассчитано автором на основе Гращенкова В. Сколько стоит зарядная станция для электромобиля // Тинькофф Журнал. [Электронный ресурс] URL: <https://journal.tinkoff.ru/zaryadnaya-stanciya/> (дата обращения: 15.02.2023)

⁴⁶⁸ Владелец электромобиля может заряжать его бесплатно на городских ЭЗС, однако мы рассматриваем ситуацию, когда электромобиль заряжается в ночное время дома.

⁴⁶⁹ Прочие эксплуатационные затраты, которые могут быть компенсированы городскими мерами поддержки электромобилей, будут рассмотрены далее при проведении анализа чувствительности стоимости владения.

⁴⁷⁰ Howell B. How long do electric car batteries last? // The ecoexperts. [Электронный ресурс] URL: <https://www.theecoexperts.co.uk/electric-vehicles/battery-life> (дата обращения: 15.02.2023)

⁴⁷¹ Калькулятор оценки стоимости владения автомобилем // «Цена Авто». [Электронный ресурс] URL: <https://cena-auto.ru/calculator/tco/> (дата обращения: 15.02.2023)

⁴⁷² Battery-Electric Vehicles Have Lower Scheduled Maintenance Costs than Other Light-Duty Vehicles // Office of energy efficiency & renewable energy. [Электронный ресурс] URL: <https://www.energy.gov/eere/vehicles/articles/fotw-1190-june-14-2021-battery-electric-vehicles-have-lower-scheduled> (дата обращения: 03.06.2023)

⁴⁷³ Цены на бензин и карта АЗС России // Benzin-price. [Электронный ресурс] URL: https://www.benzin-price.ru/?utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F (дата обращения: 03.06.2023)

⁴⁷⁴ Тарифы Москва // Официальный сайт Мосэнергосбыта. [Электронный ресурс] URL: <https://www.mosenergosbyt.ru/individuals/tariffs-n-payments/tariffs-msk/> (дата обращения: 03.06.2023)

⁴⁷⁵ Schloter L. Empirical analysis of the depreciation of electric vehicles compared to gasoline vehicles // Transport Policy. – 2022. – Vol. 126. – Pp. 268–279.

техническим прогрессом, который снижает конкурентоспособность подержанных электромобилей⁴⁷⁶.

Используемые при расчете ТСО ставки дисконтирования могут варьироваться даже в рамках одного исследования⁴⁷⁷. Так, Х.Л. Бритц и Д. Салон применили четыре ставки дисконтирования (0%, 5%, 10%, 15%) и посмотрели, как это повлияет на суммарные затраты на электроэнергию, необходимую для зарядки электромобилей, и на их конкурентоспособность (по сравнению с традиционными автомобилями). Результаты показали, что изменение ставки дисконтирования кардинально ничего не изменило: стоимость владения традиционными автомобилями все равно оказалась ниже. Однако, небольшой эффект от изменения нормы дисконта все-таки наблюдался. При высоких ставках дисконтирования несколько снижался вклад от экономии на относительно низких ценах на электроэнергию⁴⁷⁸. Таким образом, при высоких нормах дисконта становится более значимым вклад первоначальных затрат в результаты оценки стоимости владения, а и без того сравнительно низкие эксплуатационные расходы начинают играть еще меньшую роль. При низких нормах дисконта ситуация обратная. Ряд исследователей рекомендуют применять реальную ставку дисконтирования, которая позволяет исключить влияние инфляции и проводить расчеты в сопоставимых ценах⁴⁷⁹. Реальная ставка дисконтирования вычисляется по формуле Фишера:

$$r = \frac{1 + n}{1 + i} - 1,$$

где r и n – реальная и номинальная ставки; i – темп инфляции.

В качестве номинальной ставки можно использовать безрисковую процентную ставку⁴⁸⁰, которой является, например, ставка по государственным облигациям. Доходность облигаций федерального займа (ОФЗ) с погашением через 5 лет составляет 9,64%⁴⁸¹. Средний ожидаемый уровень инфляции в ближайшие 5 лет может составить 4,4%⁴⁸². Таким образом реальная ставка дисконтирования равна 5%⁴⁸³.

⁴⁷⁶ Барабошкина А.В. Сравнительная оценка конкурентоспособности и экстерналий издержек электромобиля и автомобиля с двигателем внутреннего сгорания (на примере города Москвы). Указ. раб.; Барабошкина А.В., Кудрявцева О.В. Оценка конкурентоспособности российского электромобиля как обоснование необходимости стимулирования рынка электромобилей в России. Указ. раб.

⁴⁷⁷ Там же.

⁴⁷⁸ Breetz H. L., Salon D. Ibid.

⁴⁷⁹ Lebeau Ph., Macharis C., Van Mierlo J. How to improve the total cost of ownership of electric vehicles: An analysis of the light commercial vehicle segment // World Electric Vehicle Journal, MDPI. – 2019. – Vol. 10. – № 4. – Pp. 1–15.; R. Danielis. Ibid.

⁴⁸⁰ Lebeau Ph., Macharis C., Van Mierlo J. Ibid.

⁴⁸¹ Кривая бескупонной доходности государственных облигаций // Банк России. [Электронный ресурс] URL: https://www.cbr.ru/hd_base/zcyz_params/zcyz/ (дата обращения: 20.02.2023)

⁴⁸² Основные направления единой государственной денежно-кредитной политики на 2023 год и период 2024 и 2025 годов // Банк России. [Электронный ресурс] URL: https://www.cbr.ru/about_br/publ/ondkp/ (дата обращения: 20.02.2023)

⁴⁸³ Барабошкина А.В. Сравнительная оценка конкурентоспособности и экстерналий издержек электромобиля и автомобиля с двигателем внутреннего сгорания (на примере города Москвы). Указ. раб. С. 426–427.

Результаты вышеприведенного анализа сведем в единую таблицу. В таблице 17 представлены показатели, необходимые для расчетов в рамках базовой модели ТСО.

Таблица 17 – Показатели базовой модели ТСО электрического и бензинового автомобилей *Evolvute i-Pro* и *Lada Vesta Sport*

Показатель	Значение	
	Evolvute i-Pro	Lada Vesta Sport
Год покупки	2023	
Срок владения	5 лет	
Среднегодовой пробег	18,7 тыс. км	
Ставка дисконтирования	5%	
Рекомендованная розничная цена	2 990 000 руб.	1 597 900 руб.
Покупка и установка зарядной станции для дома	174,5 тыс. руб.	–
Затраты на электроэнергию (ночной тариф на э/э в Москве: 2,62 руб./кВт-ч; расход э/э: 12,62 кВт-ч/100 км)	6,2 тыс. руб./год	–
Затраты на бензин (средняя за первые пять месяцев 2023 г. цена на бензин АИ-95 в Москве: 52,6 руб./л; расход бензина: 7,9 л/100 км)	–	77,7 тыс. руб./год
Расходы на техобслуживание	15,8 тыс. руб./год	28,8 тыс. руб./год
Цена перепродажи	1,415 млн руб.	922,8 тыс. руб.

Источник: составлено автором

На рисунке 17 представлены результаты расчетов в рамках базовой модели совокупной стоимости владения электромобилем Evolute i-Pro и бензиновым автомобилем Lada Vesta Sport.

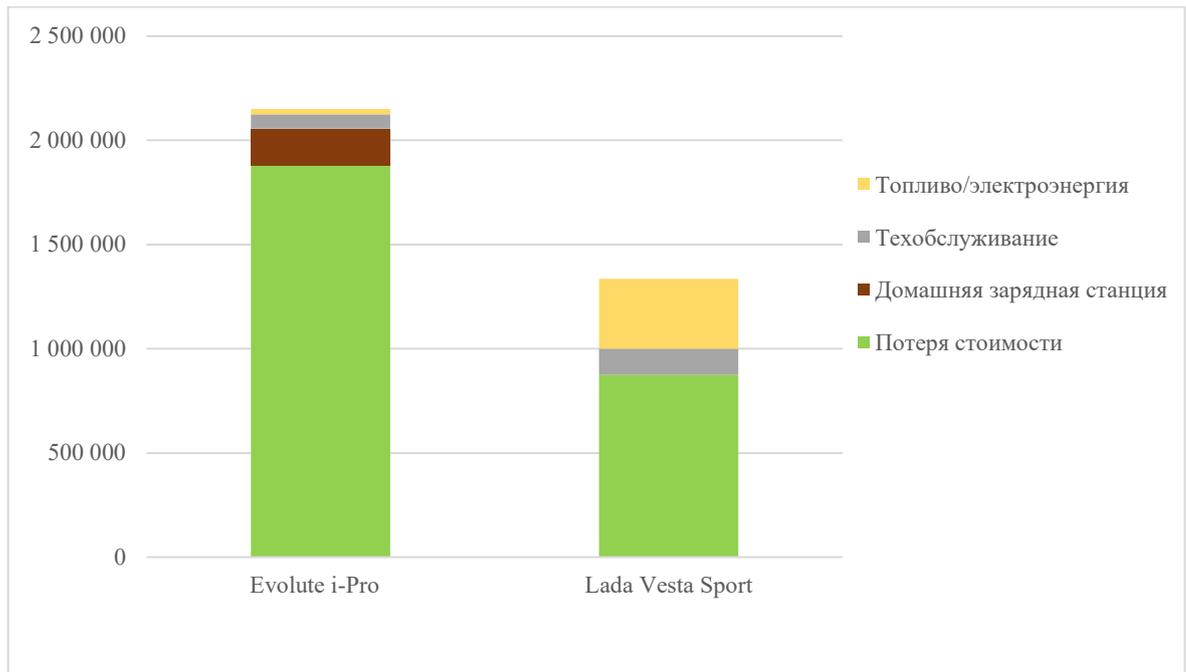


Рисунок 17 – Совокупная стоимость пятилетнего владения электромобилем Evolute i-Pro и бензиновым автомобилем Lada Vesta Sport с московскими ценами на электроэнергию и бензин (базовая модель TCO), руб.

Источник: составлено автором

Разница в совокупной стоимости пятилетнего владения Evolute i-Pro и Lada Vesta Sport при московских ценах на электроэнергию и бензин и без учета государственных и городских мер поддержки существенная: TCO Evolute i-Pro выше, чем у Lada Vesta Sport на 815,1 тыс. руб.

Если в качестве объектов сопоставления использовать более дорогой электрический кроссовер «Москвич 3e» и его бензиновый аналог «Москвич 3», то разница в TCO будет еще существеннее: около 1,07 млн руб. Показатели базовой модели TCO электрического и бензинового кроссоверов «Москвич 3e» и «Москвич 3» приведены в приложении 4.

На рисунке 18 представлены результаты, полученные при добавлении к базовой модели TCO рассчитанных нами выше экстернатальных издержек⁴⁸⁴.

⁴⁸⁴ Нижняя и верхняя оценки экстернатальных издержек, связанных с загрязнением воздуха, взяты из Сценария 1 («Россия»). Экстернатальные издержки, связанные с выбросами парниковых газов, взяты из Сценария 1a («Россия»), так как далее рассчитывается размер потребительской субсидии («экологический бонус»).

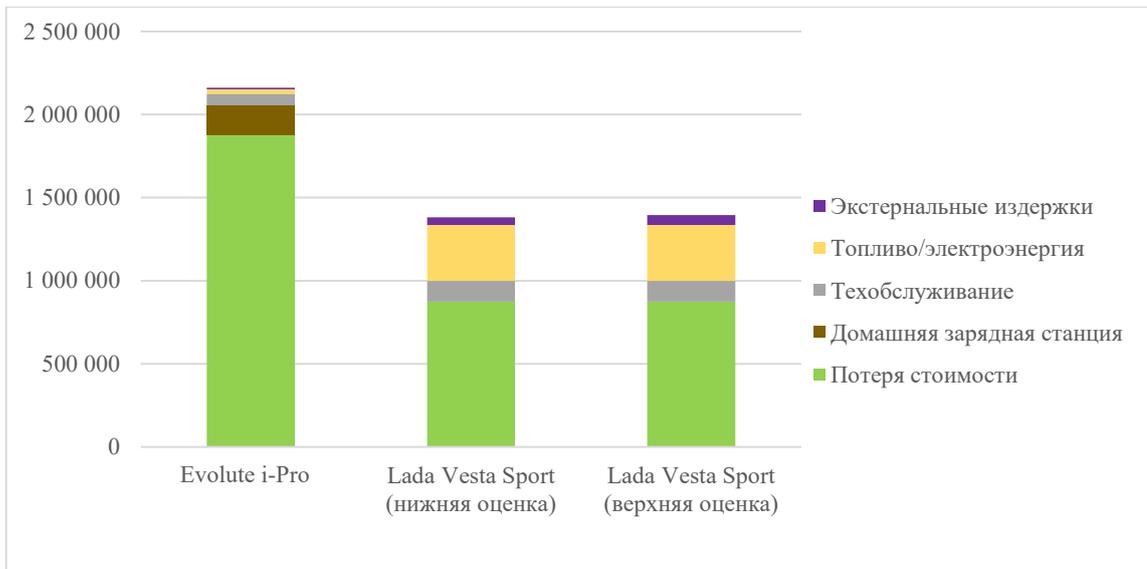


Рисунок 18 – Совокупная стоимость для общества (TCS) на примере базовой модели TCO электромобиля Evolute i-Pro и бензинового автомобиля Lada Vesta Sport, руб.

Источник: составлено автором

Разница в TCS при пятилетнем сроке владения транспортными средствами составляет 779,4 тыс. руб. (при использовании нижней оценки экстерналии, связанных с загрязнением городского воздуха при эксплуатации автомобиля с ДВС) и 765,9 тыс. руб. (при использовании верхней оценки) в пользу Lada Vesta Sport.

Если сравнить полученные результаты с результатом базовой модели TCO, то видно, что разница в TCS между двумя транспортными средствами меньше. Это означает, что интернализация величины, на которую экстерналии автомобиля с ДВС выше, чем у электромобиля (например, путем предоставления покупателям субсидии в виде «экологического бонуса»), может сократить стоимость пятилетнего владения Evolute i-Pro минимально на 35,7 тыс. руб. и максимально на 49,2 тыс. руб.

Проведем анализ чувствительности, чтобы определить, как изменение некоторых исходных параметров и добавление новых может повлиять на разницу в совокупной стоимости владения Evolute i-Pro и Lada Vesta Sport.

Анализ чувствительности стоимости владения

Цена на электроэнергию

Самый низкий тариф на электрическую энергию для населения в Иркутске, что обусловлено высокой долей электроэнергии, вырабатываемой гидроэлектростанциями – 0,945 руб./кВт-ч в ночное время⁴⁸⁵. Это на 63,9% ниже московского тарифа. При такой величине тарифа разница в TCO Evolute i-Pro и Lada Vesta Sport сокращается до 797,9 тыс. руб. Если при

⁴⁸⁵ Тарифы на электрическую энергию с 1 декабря 2022 по 31 декабря 2023 года // Иркутскэнерго. [Электронный ресурс] URL: <https://sbyl.irkutskenergo.ru/qa/6949.html> (дата обращения: 03.06.2023)

этом использовать не московские, а более низкие иркутские цены на бензин⁴⁸⁶, то разница в ТСО увеличивается до 809,4 тыс. руб. Важно отметить, что если средняя цена на бензин АИ-95 в Иркутской области была бы ниже московской не на 3,4%, а на 5,1% (т.е. 49,9 руб./л), то сокращение разрыва в ТСО за счет значительно более низкого тарифа на электроэнергию в Иркутске вовсе не произошло бы.

В исследовании Х.Л. Бритц и Д. Салон было показано, что в США только комбинация бесплатного электричества, исторически высоких цен на бензин и щедрых государственных субсидий смогла обеспечить достаточно высокую конкурентоспособность электрического Nissan Leaf (при сравнении с Toyota Corolla)⁴⁸⁷. В работе М.А. Хасана и др. анализ чувствительности стоимости владения, проведенный при 10%-ном повышении цены на бензин и 20%-ном снижении расходов на электроэнергию в Новой Зеландии, не продемонстрировал значимых изменений: ТСО нового Nissan Leaf по-прежнему превышала ТСО новой Toyota Corolla⁴⁸⁸.

Величина пробега

Если увеличить величину пробега до 80 тыс. км – столько в среднем проезжает водитель такси за год⁴⁸⁹, то владение Evolute i-Pro станет даже более выгодным, чем Lada Vesta Sport. При такой величине пробега ТСО Evolute i-Pro ниже, чем у Lada Vesta Sport на 200 тыс. руб.

Замена батареи

Спустя восемь лет, если человек принимает решение не продавать электромобиль, может потребоваться замена аккумуляторной батареи. Согласно BloombergNEF, новые химические составы, усовершенствованные технологии производства аккумуляторов и другие факторы потенциально обеспечат снижение средней цены новой батареи до 58 долл./кВт-ч к 2030 г.⁴⁹⁰ Тогда при емкости батареи Evolute i-Pro 53 кВт-ч ее замена может стоить примерно 3 тыс. долл. (~ 230 тыс. руб.⁴⁹¹). При восьмилетнем сроке владения с учетом расходов на замену батареи разница в ТСО автомобилей составит 1,09 млн руб.

Государственная субсидия

Минпромторг России предоставляет 25%-ную субсидию (но не более 625 тыс. руб.) на покупку электромобиля отечественной сборки при условии заключения договора автокредитования. Наличие субсидии позволяет уменьшить тело кредита и сократить сумму

⁴⁸⁶ В Иркутской области средняя цена на бензин АИ-95 за первые пять месяцев 2023 г. составила 50,8 руб./л, что на 3,4% ниже, чем в Москве. Рассчитано автором по: Средние цены за январь 2023 г. в Иркутской области // [benzin-price](https://www.benzin-price.ru/stat_month.php?month=1&year=2023®ion_id=38). [Электронный ресурс] URL: https://www.benzin-price.ru/stat_month.php?month=1&year=2023®ion_id=38 (дата обращения: 03.06.2023)

⁴⁸⁷ Breetz H. L., Salon D. Ibid.

⁴⁸⁸ Hasan M.A., Frame D.J., Chapman R., Archie K.M. Ibid.

⁴⁸⁹ Расходы в такси: какие и сколько у водителя? // team avto. [Электронный ресурс] URL: <https://teamavto.ru/rashody-v-taksi-kakie-i-skolko-u-voditelya/> (дата обращения: 03.06.2023)

⁴⁹⁰ Hitting the EV Inflection Point. – BloombergNEF, T&E, 2021. – P. 1.

⁴⁹¹ Рассчитано по среднему обменному курсу ЦБ РФ за первые пять месяцев 2023 г.: 1 долл.=75,6 руб.

выплат. Рассчитаем примерные условия по кредиту на сайте одного из банков-партнеров компании Evolute. Предположим, что первоначальный взнос будет равен затратам на покупку Lada Vesta Sport (~ 1,6 млн руб., или примерно 70% от цены электромобиля с учетом субсидии), кредит будет выплачиваться в течение пяти лет, тогда ежегодный платеж составит около 213 тыс. руб.^{492, 493}

Предоставление государственной субсидии значительно снижает базовую TCO Evolute i-Pro, но все равно не позволяет достичь паритета стоимости с бензиновым автомобилем: TCO Evolute i-Pro выше, чем у Lada Vesta Sport на 347,3 тыс. руб.

Региональные и городские меры поддержки

Транспортный налог для владельцев электромобилей отменен в 35 российских субъектах (в том числе и в Москве), в 10 субъектах от уплаты налога освобождены владельцы электромобилей с мощностью двигателя до 150 л.с. или 200 л.с. в зависимости от региона, еще в 5 субъектах налог не отменен полностью, но действуют налоговые скидки до 50%⁴⁹⁴.

Бесплатная парковка для электромобилей действует пока только в Москве, Санкт-Петербурге, Новороссийске и Казани⁴⁹⁵.

Учтем в базовой модели TCO Evolute i-Pro и Lada Vesta Sport действующие в Москве меры поддержки, добавив к эксплуатационным затратам владельца Lada Vesta Sport расходы, которые не несет владелец Evolute i-Pro. Транспортный налог зависит от мощности двигателя и для владельца Lada Vesta Sport составляет 5075 руб. в год⁴⁹⁶. Самый дешевый годовой абонемент на безлимитную парковку в Москве стоит 150 тыс. руб.^{497, 498}

Добавление к затратам владельца автомобиля с ДВС транспортного налога незначительно сокращает разрыв в базовой TCO – до 793,1 тыс. руб. Если затраты владельца Lada Vesta Sport дополнить расходами на парковку, то разрыв в TCO существенно сократится: с учетом мер поддержки в виде освобождения от уплаты транспортного налога и права на бесплатную парковку TCO Evolute i-Pro выше, чем у Lada Vesta Sport на 143,7 тыс. руб.

⁴⁹² Автокредит с господдержкой // Официальный сайт банка РНКБ. [Электронный ресурс] URL: <https://www.rncb.ru/> (дата обращения: 15.02.2023)

⁴⁹³ Барабошкина А.В., Кудрявцева О.В. Оценка конкурентоспособности российского электромобиля как обоснование необходимости стимулирования рынка электромобилей в России. Указ. раб. С. 276.

⁴⁹⁴ Какой транспортный налог на электромобили? // Автокод Объявления. [Электронный ресурс] URL: <https://cars.avtocod.ru/blog/kakoj-transportnyj-nalog-na-elektromobili-312.html> (дата обращения: 11.01.2023)

⁴⁹⁵ Злобин А. Минэкономразвития рекомендовало регионам вводить налоговые льготы для электромобилей // Forbes. [Электронный ресурс] URL: <https://www.forbes.ru/biznes/455293-minekonomrazvitiya-rekomendovalo-regionam-vvodit-nalogovye-l-goty-dla-elektromobilej> (дата обращения: 15.02.2023); Мониторинг применения низкоуглеродных технологий в России: возможности для ускорения и риски отставания. Указ. раб. С. 164.

⁴⁹⁶ Налоговый калькулятор – Расчет транспортного налога // Официальный сайт Федеральной налоговой службы. [Электронный ресурс] URL: https://www.nalog.gov.ru/rn77/service/calc_transport/ (дата обращения: 15.02.2023)

⁴⁹⁷ Тарифы и правила оплаты в Москве // Mos. ru. [Электронный ресурс] URL: <https://parking.mos.ru/new/> (дата обращения: 15.02.2023)

⁴⁹⁸ Барабошкина А.В., Кудрявцева О.В. Оценка конкурентоспособности российского электромобиля как обоснование необходимости стимулирования рынка электромобилей в России. Указ. раб. С. 276.

Федеральная субсидия и столичные меры стимулирования электромобилей вместе взятые позволяют обеспечить конкурентоспособность Evolute i-Pro при пятилетнем сроке владения и московских ценах на электроэнергию и бензин. В этом случае ТСО Evolute i-Pro ниже, чем у Lada Vesta Sport на 324,1 тыс. руб.

Однако существование в Москве бесплатных перехватывающих парковок⁴⁹⁹ ставит под сомнение результативность предоставления бесплатных парковочных мест владельцам электромобилей. Кроме того, с увеличением числа электромобилей это приведет к существенным потерям местных бюджетов Москвы и вышеуказанных городов, где действует бесплатный паркинг для электромобилей, поэтому условия парковки со временем могут ужесточиться. Например, во многих городах Китая владельцам электрокаров разрешается стоять на парковке без оплаты не более двух часов⁵⁰⁰. В связи с этим существенное повышение конкурентоспособности электромобилей благодаря данной мере поддержки представляется мало реалистичным.

Если не включать расходы на парковку в модель ТСО, а учитывать только государственную субсидию и транспортный налог, то паритета в стоимости владения автомобилями не достигается: ТСО Evolute i-Pro выше, чем у Lada Vesta Sport на 325,3 тыс. руб.

Услуга трейд-ин

Услуга трейд-ин заключается в том, что автосалон принимает у покупателя старый автомобиль и предоставляет ему скидку на покупку нового. Рассчитаем цену старого автомобиля с помощью онлайн-калькулятора⁵⁰¹ исходя из того, что покупатель продает старую машину⁵⁰² с пробегом 93,5 тыс. км и хочет приобрести новый Evolute i-Pro⁵⁰³. При полученной цене продажи подержанного автомобиля в 984 тыс. руб. ТСО Evolute i-Pro станет ниже, чем у Lada Vesta Sport на 168,9 тыс. руб.

На рисунке 19 показаны результаты проведенного анализа чувствительности стоимости владения.

⁴⁹⁹ Перехватывающие парковки // Mos. Ru. [Электронный ресурс] URL: <https://transport.mos.ru/parking/aboutparking/perehvaty> (дата обращения: 15.02.2023)

⁵⁰⁰ Jin L., Chu Y., Wang X. Ibid. P. 10.

⁵⁰¹ Как оценить авто с помощью онлайн-калькулятора. [Электронный ресурс] URL: <https://automama.ru/blog/post/onlajn-kalkuljator-stoimosti-avto> (дата обращения: 03.06.2023)

⁵⁰² В качестве примера также используем бензиновую Lada Vesta Sport.

⁵⁰³ Принимаем допущение, что автосалон согласен оказать такую услугу.

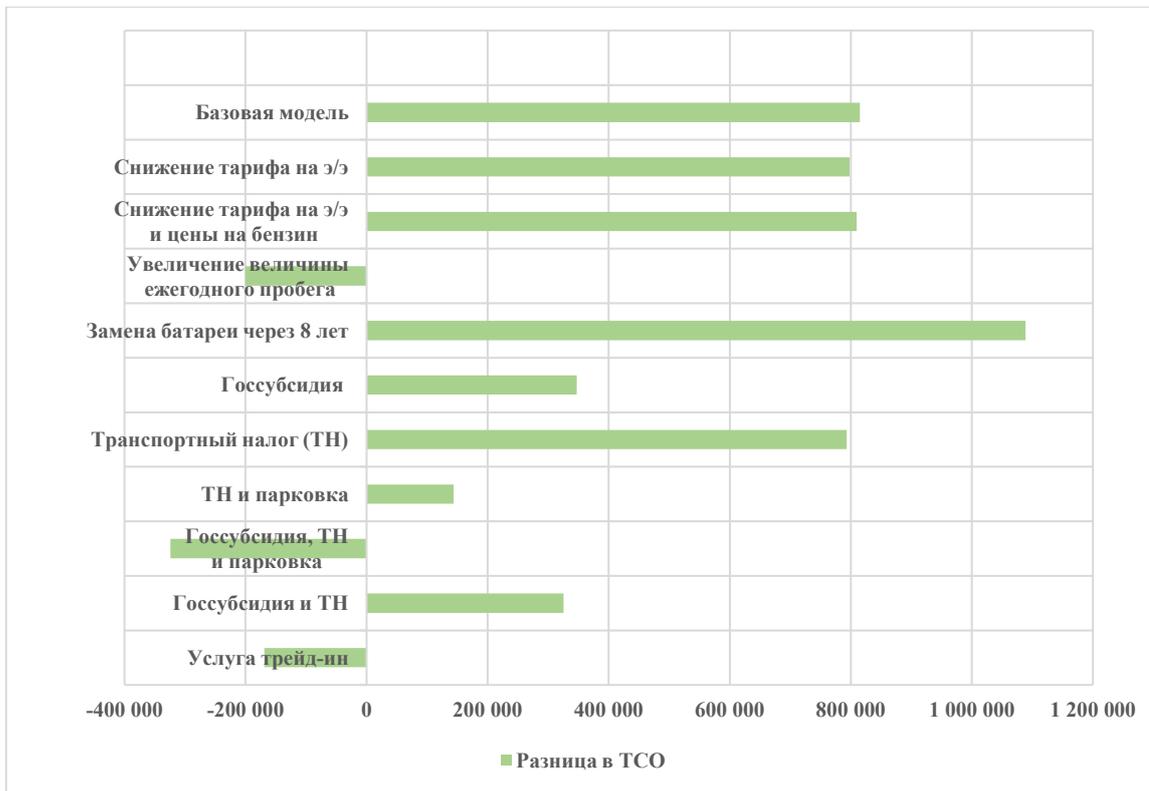


Рисунок 19 – Влияние изменения/добавления отдельных параметров на разницу в совокупной стоимости владения Evolute i-Pro и Lada Vesta Sport

Источник: составлено автором

Как видно из рисунка, электромобиль является более конкурентоспособным в трех ситуациях. Во-первых, при увеличении величины пробега до 80 тыс. км (столько в среднем проезжает водитель такси за год) ТСО Evolute i-Pro становится ниже, чем у Lada Vesta Sport на 200 тыс. руб. Во-вторых, если учитывать государственную субсидию и действующие в Москве меры поддержки электромобилей (освобождение от уплаты транспортного налога и возможность бесплатной парковки), то ТСО Evolute i-Pro ниже, чем у Lada Vesta Sport на 324,1 тыс. руб. В-третьих, при использовании услуги трейд-ин, когда покупатель меняет старый автомобиль на новый с доплатой, ТСО Evolute i-Pro ниже, чем у Lada Vesta Sport на 168,9 тыс. руб.

3.3. Рекомендации по совершенствованию системы инструментов развития рынка электромобилей в России

Систематизация зарубежного опыта и результаты проведенных расчетов позволили выработать рекомендации для преодоления ключевых барьеров, препятствующих развитию рынка электромобилей в России.

Стимулирование спроса

В первую очередь, необходимо дальнейшее снижение первоначальных затрат на приобретение электромобилей. Это можно реализовать путем предоставления покупателю

электромобилиа дополнительной субсидии в виде «экологического бонуса», величина которого равна разнице в экстернальных издержках электромобилиа и близкого к нему по техническим параметрам автомобиля с ДВС, что будет способствовать не только повышению конкурентоспособности электрокаров, но и росту общественного благосостояния. Согласно нашим оценкам, суммарный объем субсидий («экологических бонусов») до 2030 г. может составить от 31,5 млрд руб. до 43,4 млрд руб.⁵⁰⁴ Часть субсидий возможно покрывать за счет местных бюджетов. Например, в Китае средний размер местной субсидии, выплачиваемой в 2015–2018 гг., составлял треть от величины субсидии из центрального бюджета⁵⁰⁵.

Для компенсации расходов бюджета предлагается использование системы «бонус/малус», которая предполагает, что параллельно с предоставлением «экологического бонуса» реализуется применение «экологического малуса», например, через прогрессивное налогообложение автомобилей с ДВС исходя из уровня выбросов. Потребители менее чувствительны к регулярным налогам (сборам), чем к разовой и часто сравнительно ощутимой составляющей первоначальных затрат. Так, во Франции величина налога, который оплачивается при регистрации автомобиля в соответствии с уровнем выбросов CO₂, достигает 50 тыс. евро в случае максимальных уровней выбросов⁵⁰⁶. Даже при использовании установленной во Франции минимальной величины налога в 50 евро (~ 4,1 тыс. руб.⁵⁰⁷) в качестве нижнего порога для России суммарные доходы бюджета к 2030 г. могут составить 16,8 млрд руб.⁵⁰⁸, что частично компенсирует расходы на субсидии и немного повысит совокупную стоимость владения автомобилем с ДВС. Также можно рекомендовать скорректировать транспортный налог и взимать его, ориентируясь не только на мощность двигателя традиционного автомобиля, но и на его экологический класс.

В качестве дополнительной меры стимулирования спроса нефинансового характера рекомендуется предоставление владельцам электромобилей доступа к выделенным полосам до момента, пока возросшее количество электромобилей не начнет мешать нормальному функционированию общественного транспорта. Исходя из опыта Норвегии заторы на выделенных полосах из-за электромобилей возможно ожидать при их рыночной доле около 6% (*подробнее в Главе 2, п. 2.3*).

⁵⁰⁴ Рассчитано исходя из ожидаемого количества электромобилей в России к 2030 г. и разницы в экстернальных издержках Evolute i-Pro и Lada Vesta Sport (см. Главу 3, п. 3.1, 3.2).

⁵⁰⁵ Рассчитано автором по: Li Sh. et al. Ibid. P. 25.

⁵⁰⁶ The CO₂ Tax // Platine Motors. [Электронный ресурс] URL: <https://www.platinemotors.com/en/le-malus-%C3%A9cologique> (дата обращения: 21.12.2022)

⁵⁰⁷ Рассчитано по среднему обменному курсу ЦБ РФ за первые пять месяцев 2023 г.: 1 евро=81,8 руб.

⁵⁰⁸ Рассчитано исходя из ожидаемого количества легковых автомобилей с ДВС, которые будут проданы в России в 2023–2030 гг. (см. Главу 3, п. 3.1).

Целесообразным представляется перевод части такси на электротягу, так как благодаря большим ежегодным пробегам они окупаются быстрее всего. Финансовую поддержку можно обеспечить либо через услугу трейд-ин, либо, если машина старше шести лет⁵⁰⁹, через программу утилизации. В настоящее время программа утилизации реализуется только в отдельных автосалонах и у производителей. Для перевода такси на электротягу можно возобновить государственную программу утилизации, предоставляя сертификат на определенную сумму после сдачи старой машины в утиль.

Стимулировать переход автопарков компаний на электромобили возможно с помощью механизма ускоренной амортизации и выдачи кредитов с низкой процентной ставкой.

Стимулирование развития зарядной инфраструктуры

Важно не только расширять сеть ЭЗС (преимущественно быстрых и ультрабыстрых) вдоль автомагистралей, но и стимулировать установку зарядных устройств вблизи жилых зданий, что особенно актуально для жителей многоквартирных домов, в которых отсутствует подземный паркинг. Также важно обеспечить развитие сети зарядной инфраструктуры в местах повышенного спроса (аэропорты, железнодорожные станции, транспортные хабы). Для этого можно использовать механизм государственно-частного партнерства, привлекая денежные средства со стороны автопроизводителей, энергосбытовых компаний и других инвесторов. Хорошим способом определения мест для установки зарядных устройств вблизи жилых кварталов является сбор и анализ запросов горожан.

Рекомендуется субсидирование покупки и установки зарядных устройств дома и на работе при соблюдении определенных условий: например, при покупке зарядок нового поколения самого высокого класса энергоэффективности.

Стимулирование производства

Результативным в плане расширения масштабов российского производства электромобилей может оказаться реализация программы по аналогии с проводимой в Китае политикой «двойного кредита», которая, в свою очередь, базируется на калифорнийской программе ZEV-кредитов. Для этого необходимо установить автопроизводителям целевые показатели выпуска электромобилей и автомобилей с ДВС с низким расходом топлива. За каждый проданный электромобиль/автомобиль с низким расходом топлива будет начисляться определенная сумма баллов. За счет увеличения выпуска автомобилей с низким расходом топлива можно частично компенсировать невыполнение целевого показателя по продаже электромобилей и наоборот. Внедрение подобной программы будет мотивировать не только производить электромобили, но и повышать топливную эффективность традиционных

⁵⁰⁹ Утилизация автомобилей в 2023 году. [Электронный ресурс] URL: <https://www.kp.ru/expert/avto/utilizatsiya-avtomobilej/> (дата обращения: 01.03.2023)

автомобилей. С учетом начального этапа развития рынка электромобилей в России можно предложить введение целевых показателей, которые носят рекомендательный, а не обязательный характер, а их достижение поощряется путем предоставления автопроизводителям различного рода льгот.

Предложенные меры сведены в таблицу 18.

Таблица 18 – Приоритетные инструменты развития электрического автомобильного транспорта в России

Стимулирование спроса
<ul style="list-style-type: none"> - субсидирование по системе «бонус/малус» (рассчитанный нами суммарный объем субсидий в виде «экологических бонусов» до 2030 г. варьируется в диапазоне 31,5–43,4 млрд руб.); - введение налога на выбросы CO₂ при регистрации автомобиля с ДВС в соответствии с уровнем выбросов; - учет экологического класса при определении размера транспортного налога; - предоставление доступа к выделенным полосам; - перевод части такси на электротягу (финансирование через трейд-ин и программу утилизации); - механизм ускоренной амортизации для корпоративных электромобилей и предоставление компаниям кредитов с низкой процентной ставкой.
Стимулирование развития зарядной инфраструктуры
<ul style="list-style-type: none"> - использование механизма ГЧП (привлечение денежных средств со стороны автопроизводителей, энергосбытовых компаний и других заинтересованных инвесторов) для расширения сети преимущественно быстрых и ультрабыстрых ЭЗС вдоль автомагистралей и в местах повышенного спроса, установки зарядных устройств вблизи многоквартирных жилых домов; - субсидирование покупки и установки высокоэффективных зарядок для дома и работы.
Стимулирование производства
<ul style="list-style-type: none"> - реализация программы по аналогии с политикой «двойного кредита» Китая в виде установления целевых показателей выпуска электромобилей и автомобилей с ДВС с низким расходом топлива.

Источник: составлено автором

В первую очередь, меры стимулирования должны быть направлены на распространение электромобилей в крупных городах и мегаполисах, где остро стоит проблема загрязнения воздуха выбросами от автотранспорта, а структура генерации электроэнергии относительно «чистая» с преобладанием низко- и безуглеродных источников энергии.

Выводы к Главе 3

Результаты оценки экстернатальных издержек показали, что экстернатальные издержки, связанные с загрязнением городского воздуха, в четырех рассмотренных сценариях ниже у электромобилей. Наименьшая разница между экстернатальными издержками электромобилей и автомобилей с ДВС составляет 5,5 и 7,9 раза в зависимости от размера города (при доле угля в

структуре генерации электроэнергии ~ 100%); наибольшая разница – 16,2 и 23,1 раза соответственно (при доле гидроэнергии в структуре генерации электроэнергии ~ 100%). В сценарии «гидроэнергия» в случае электромобилей имеют место только невыхлопные выбросы твердых частиц.

Экстернальные издержки, связанные с выбросами парниковых газов, рассчитаны нами как для стадии эксплуатации (прямые выбросы автомобилей с ДВС и косвенные выбросы электромобилей (генерация электроэнергии)), так и в целом для жизненного цикла транспортных средств (углеродный след). Результаты показали, что экстернальные издержки электромобилей ниже, кроме ситуации, когда доля угля в структуре производства электроэнергии приближается к 100%. В «угольном» сценарии экстернальные издержки электромобилей выше, чем у автомобилей с ДВС в 1,5 раза (эксплуатация) и 1,6 раза (жизненный цикл). Полное отсутствие выбросов парниковых газов от электромобилей реализуется при 100%-ой доли гидроэнергии. Однако в этом случае важно обращать внимание на то, является ли регион энергодефицитным, что, несмотря на все преимущества местной структуры выработки электроэнергии, будет препятствовать распространению электромобилей.

Общественные выгоды от перехода 1,3% российского парка легковых автомобилей на электротягу к 2030 г. могут составить 4,21–5,91 млрд руб./год.

Оценка конкурентоспособности транспортных средств проводилась нами на примере популярного российского электромобиля Evolute i-Pro и близкого к нему по техническим параметрам бензинового автомобиля Lada Vesta Sport и заключалась в расчете совокупной стоимости владения (ТСО) с учетом экстернальных издержек и анализе чувствительности стоимости владения. Результаты показали, что разница в совокупной стоимости пятилетнего владения Evolute i-Pro и Lada Vesta Sport при московских ценах на электроэнергию и бензин и без учета государственных и городских мер поддержки (базовая модель ТСО) существенная: ТСО Evolute i-Pro выше, чем у Lada Vesta Sport на 815,1 тыс. руб. Пока электромобиль является более конкурентоспособным только в трех ситуациях: при средней величине пробега такси за год (ТСО Evolute i-Pro ниже на 200 тыс. руб.); с учетом предоставления государственной субсидии и действующих в Москве мер поддержки (ТСО Evolute i-Pro ниже на 324,1 тыс. руб.); при использовании услуги трейд-ин (ТСО Evolute i-Pro ниже на 168,9 тыс. руб.). По нашим оценкам, предоставление покупателям субсидии в виде «экологического бонуса», равного разнице в экстернальных издержках двух транспортных средств, позволит дополнительно сократить разрыв в совокупной стоимости владения Evolute i-Pro и Lada Vesta Sport минимально на 35,7 тыс. руб. (при использовании нижней оценки экстернальных издержек, связанных с загрязнением городского воздуха при эксплуатации автомобилей с ДВС) и максимально на 49,2 тыс. руб. (при использовании верхней оценки).

Активное развитие электромобилей с эколого-экономической точки зрения выгодно в крупных городах и мегаполисах, где остро стоит проблема загрязнения воздуха автотранспортными выбросами, а структура генерации электроэнергии относительно «чистая» с преобладанием низко- и безуглеродных источников энергии. Выделенные нами приоритетные инструменты, которые могут позволить преодолеть ключевые барьеры, препятствующие развитию электромобилей в России, включают: субсидирование по системе «бонус/малус», которая предполагает, что параллельно с предоставлением «экологического бонуса» реализуется применение «экологического малуса» в форме налогообложения; доступ к выделенным полосам; перевод части парка такси на электротягу; механизм ускоренной амортизации и кредиты с низкой процентной ставкой в отношении корпоративных электромобилей; развитие зарядной инфраструктуры вдоль автомагистралей, в местах повышенного спроса и вблизи жилых домов, в том числе за счет механизма государственно-частного партнерства; финансовая помощь при покупке высокоэффективных зарядных устройств для дома и работы; адаптация китайской политики «двойного кредита».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Автомобильный транспорт является крупным потребителем невозобновляемых энергетических ресурсов и одним из главных источников загрязнения городского воздуха, на него приходится почти четверть выбросов парниковых газов. Переход к устойчивому развитию и низкоуглеродной экономике невозможен без формирования устойчивой транспортной системы, неотъемлемой частью которой является электрификация автомобильного транспорта.

Функционирование транспортной системы связано с возникновением экстерналий, в том числе экологических. Развитие электрического автотранспорта, с одной стороны, способствует снижению негативного воздействия на человека и окружающую среду, с другой, несет в себе определенные риски. Выбросы загрязняющих воздух веществ непосредственно при эксплуатации электромобилей минимальны, полностью отсутствуют прямые выбросы парниковых газов. Электротранспорт характеризуется низким уровнем шума, сравнительно низким (в сопоставлении с автомобилями с ДВС) потреблением топливно-энергетических ресурсов. У электромобилей меньше деталей и, соответственно, отходов, отсутствует угроза утечки нефтепродуктов. Вместе с тем объемы косвенных выбросов электромобилей существенно зависят от структуры генерации электроэнергии и могут быть сопоставимы и в отдельных случаях даже выше выбросов от автомобилей с ДВС, поэтому важно развивать электротранспорт в регионах с преобладанием в энергобалансе относительно чистого природного газа, атомной энергии и возобновляемых источников энергии. Выбросы в процессе производства электромобилей выше, чем у автомобилей с ДВС из-за энергоемкого процесса изготовления батарей. Также электротранспорт в большей степени способствует истощению металлических ресурсов, а проблема утилизации батарей пока остается нерешенной.

На загрязнение воздуха, выбросы парниковых газов и, соответственно, изменение климата приходится существенная доля экологических экстерналий автомобильного транспорта. Для оценки экстерналий, связанных с выбросами, применяются два основных подхода: экономическая оценка ущерба (*damage cost approach*) и экономическая оценка затрат на предотвращение/смягчение негативных воздействий от выбросов (*avoidance/abatement/mitigation cost approach*). Мы использовали первый подход для оценки издержек, связанных с выбросами загрязняющих веществ, второй подход – для оценки издержек, связанных с выбросами парниковых газов. Результаты оценки показали, что экстерналии, связанные с загрязнением воздуха, во всех рассмотренных нами сценариях ниже у электромобилей. Экстерналии, связанные с выбросами парниковых газов, выше у электромобилей на стадии эксплуатации и на всем жизненном цикле,

только если доминирующим видом топлива на электростанциях является уголь. Общественные выгоды от перехода 1,3% российского парка легковых автомобилей на электротягу к 2030 г. могут составить 4,21–5,91 млрд руб./год.

Глобальный рынок электромобилей активно развивается. Все больше стран и компаний ставят перед собой амбициозные цели на ближайшие десятилетия по электрификации транспортных средств. В 2022 г. доля электромобилей в глобальных продажах составила 14%, тогда как в 2020 г. была всего 4,2%. В мире зарегистрировано почти 26 млн электромобилей, что в 136 раз больше, чем десятилетие назад. Безусловным лидером на рынке электрического автомобильного транспорта является Китай. Российский рынок электромобилей находится в начале своего пути, но обладает хорошими перспективами: число продаж пока незначительно, но темпы роста ускоряются; привлекаются инвестиции, в том числе в развитие зарядной инфраструктуры; на российских заводах уже осуществляется промышленная сборка электромобилей; строятся фабрики, где будут производиться батареи; реализуются отдельные меры поддержки.

Оценка конкурентоспособности популярного российского электромобиля Evolute i-Pro и близкого к нему по техническим параметрам бензинового автомобиля Lada Vesta Sport с учетом экстернатальных издержек и анализ чувствительности стоимости владения показали, что пока электромобиль является более конкурентоспособным только в трех ситуациях: при средней величине пробега такси за год; с учетом предоставления государственной субсидии и действующих в Москве мер поддержки (освобождение от уплаты транспортного налога и возможность бесплатной парковки); при использовании услуги трейд-ин. По нашим оценкам, предоставление покупателям субсидии в виде «экологического бонуса», равного разнице в экстернатальных издержках двух транспортных средств, позволит дополнительно сократить разрыв в совокупной стоимости владения Evolute i-Pro и Lada Vesta Sport минимально на 35,7 тыс. руб. (при использовании нижней оценки экстернатальных издержек, связанных с загрязнением городского воздуха при эксплуатации автомобилей с ДВС) и максимально на 49,2 тыс. руб. (при использовании верхней оценки).

Анализ зарубежных мер поддержки электромобилей и проведенные нами расчеты позволили предложить ряд инструментов для преодоления ключевых барьеров, препятствующих развитию российского рынка электрического автомобильного транспорта: субсидирование по системе «бонус/малус»; предоставление владельцам электромобилей доступа к выделенным полосам; перевод части парка такси на электротягу, в том числе с помощью услуги трейд-ин и реализации программы утилизации; применение механизма ускоренной амортизации в отношении корпоративных электромобилей и выдача компаниям кредитов с низкой процентной ставкой на приобретение электрокаров; установка зарядных

устройств вблизи многоквартирных домов, расширение сети быстрых и ультрабыстрых зарядных станций вдоль автомагистралей, а также в местах повышенного спроса, в том числе с использованием механизма государственно-частного партнерства; субсидирование высокоэффективных зарядок для дома и работы; реализация программы, аналогичной политике «двойного кредита» в Китае.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анопченко Л.Ю. Экология: учеб. пособие / Л.Ю. Анопченко, Е.И. Баранова, И.И. Бочкарева. – Новосибирск: СГУГиТ, 2016. – 158 с.
2. Барабошкина А.В. Сравнительная оценка конкурентоспособности и экстерналийных издержек электромобиля и автомобиля с двигателем внутреннего сгорания (на примере города Москвы) // Экономика и управление. – 2023. – Т. 29. – № 4. – С. 423–434.
3. Барабошкина А.В., Кудрявцева О.В. Оценка конкурентоспособности российского электромобиля как обоснование необходимости стимулирования рынка электромобилей в России // Russian Journal of Economics and Law. – 2023. – Т. 17. – № 2. – С. 269–288.
4. Барабошкина А.В., Кудрявцева О.В. Экстерналии издержки от автомобильного транспорта в контексте перехода к низкоуглеродной экономике: российский опыт // Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика. – 2023. – Т. 58. – № 3. – С. 137–156.
5. Бобылев С.Н., Барабошкина А.В., Джу Сюан. Приоритеты низкоуглеродного развития для Китая // Государственное управление. Электронный вестник. – 2020. – № 82. – С. 114–139.
6. Бобылев С.Н., Сидоренко В.Н., Сафонов Ю.В., Авалиани С.Л., Струкова Е.Б., Голуб А.А. Макроэкономическая оценка издержек для здоровья населения России от загрязнения окружающей среды. – М.: Институт Всемирного Банка, Фонд защиты природы, 2002. – 32 с.
7. Бобылев С.Н., Соловьева С.В., Астапкович М. Качество воздуха как приоритет для новой экономики // Мир новой экономики. – 2022. – Т. 16. – № 2. – С. 76–88.
8. Бондарь Н.Е. Шум автомобильного транспорта: сделают ли электромобили транспортный поток тише? // Молодой ученый. – 2019. – № 14 (252). – С. 73–76.
9. Гилленвотер М., Сааринен К., Аджавон А.-Л. Н., Смит К.А. Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов МГИЭК, Глава 7. Прекурсоры и косвенные выбросы. – МГИЭК, 2006. [Электронный ресурс] URL: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/russian/pdf/1_Volume1/V1_7_Ch7_Precursors_Indirect.pdf
10. Гусева Т.В., Волосатова А.А., Тихонова И.О. Направления совершенствования таксономии зеленых проектов для устойчивого развития промышленности // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2022. – Т. 24. – № 5 (109). – С. 28–35.
11. Доклад «О состоянии окружающей среды в городе Москве в 2021 году» / Под ред. А.О. Кульбачевского. – Москва, 2022. – 234 с.
12. Дядик В.В., Дядик Н.В., Ключникова Е.М. Экономическая оценка ущерба здоровью населения от негативных экологических воздействий: обзор основных методологических подходов // Экология человека. – 2021. – № 2. – С. 57–64.
13. Зачем России электромобили: драйверы развития и перспективы внедрения / П.Н. Нетреба [и др.]; под ред. П.Н. Нетребы, П.В. Орехина. – М.: НИУ ВШЭ, 2022. – 54 с.
14. Индекс развития транспортного комплекса. Аналитический доклад / А.А. Федянин, А.А. Грунин, О.И. Карасев [и др.]. – М., 2020. – 116 с.
15. Колбикова Е., Тимонин И. Развитие электромобилей: без господдержки не летают. – VYGON Consulting, 2018. – 31 с.
16. Колпаков А.Ю., Галингер А.А. Экономическая эффективность распространения электромобилей и возобновляемых источников энергии в России // Вестник РАН. – 2020. – Т. 90. – №2. – С. 128–139.
17. Комаров В., Акимова В. Стратегии устойчивой мобильности: лучшие мировые практики // Экономическая политика. – 2021. – Т. 16. – № 1. – С. 82–103.

18. Комплексный план мероприятий поддержки производства и использования экологически чистого транспорта // Правительство РФ. [Электронный ресурс] URL: <http://static.government.ru/media/files/MFAYz2tLFv39cnUEYz0AyQI4IRcpcSLd.pdf>
19. Концепция по развитию производства и использования электрического автомобильного транспорта в Российской Федерации на период до 2030 года. Распоряжение Правительства РФ от 23.08.2021 № 2290-р. [Электронный ресурс] URL: <http://static.government.ru/media/files/bW9wGZ2rDs3BkeZHf7ZsaxnlbJzQbJJt.pdf>
20. Куданова А.И., Яковлева Е.Ю. Экологизация автомобильного транспорта: преимущества и сложности перехода на альтернативные автомобили // Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика. – 2021. – Т. 21. – № 2. – С. 176–198.
21. Кудрявцева О.В., Барабошкина А.В., Надененко А.К. Низкоуглеродное развитие транспортной отрасли: международный и российский опыт // Международная ежегодная научная конференция Ломоносовские чтения-2021. Секция экономических наук. «Поколения экономических идей»: сборник лучших докладов. – М.: Экономический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова, 2021. – С. 746–756.
22. Макаров И.А., Степанов И.А. Углеродное регулирование: варианты и вызовы для России // Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика. – 2017. – № 6. – С. 3–22.
23. Медведева О.Е., Артеменков А.И. Оценка ущерба от загрязнения атмосферного воздуха в России. Современные подходы и методика // Имущественные отношения в РФ. – 2019. – № 8 (215). – С. 31–42.
24. Меры по продвижению электромобилей / А.К. Фельтен [и др.]; под ред. Р. Алимова, В. Яблокова. – Ecologic Institute, 2019. – 55 с.
25. Мониторинг применения низкоуглеродных технологий в России: возможности для ускорения и риски отставания / И.А. Башмаков [и др.]. – М.: Центр энергоэффективности – XXI век, 2020. – 261 с.
26. Научно обоснованный прогноз адаптации сектора автомобильного транспорта к вероятным последствиям изменения климата и возможные сценарии его декарбонизации в Российской Федерации / Ю.В. Трофименко, В.И. Комков, Е.В. Шашина [и др.]. – Центр энергетики МШУ Сколково, МАДИ, 2022. – 134 с.
27. Никоноров С.М., Барабошкина А.В. Управление системой зеленого финансирования в Китае // Экономика устойчивого развития. – 2018. – Т. 34. – № 2. – С. 67–72.
28. Никоноров С.М., Барабошкина А.В. Цели устойчивого развития и система зеленых финансов в Китае и в России // Менеджмент и бизнес-администрирование. – 2018. – № 2. – С. 136–145.
29. Основные направления единой государственной денежно-кредитной политики на 2023 год и период 2024 и 2025 годов // Банк России. [Электронный ресурс] URL: https://www.cbr.ru/about_br/publ/ondkp/
30. Перспективы развития рынка электротранспорта и зарядной инфраструктуры в России: экспертно-аналитический доклад / Д.В. Санатов [и др.]; под ред. А.И. Боровкова, В.Н. Княгинина. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2021. – 44 с.
31. Порфирьев Б.Н. Парадигма низкоуглеродного развития и стратегия снижения рисков климатических изменений для экономики // Проблемы прогнозирования. – 2019. – № 2. – С. 3–13.
32. Потравный И.М., Яшалова Н.Н., Гассий В.В., Чавез Феррейра К.Йе. Проектный подход в управлении экологически ориентированным развитием экономики региона // Экономика региона. – 2019. – Т. 15. – Вып. 3. – С. 806–821.

33. Прогноз развития энергетики мира и России 2019 / под ред. А.А. Макарова, Т.А. Митровой, В.А. Кулагина; ИНЭИ РАН–Московская школа управления СКОЛКОВО – Москва, 2019. – 210 с.
34. Развитие электротранспорта потребует увеличения электрогенерации на 4,8 ТВт-ч / А. Курдин, В. Скрыбина, Д. Федоренко, С. Федоров // Энергетические тренды. – 2022. – № 110. – С. 1–17.
35. Распоряжение Губернатора Забайкальского края от 30.04.2021 № 225-р «Схема и программа развития электроэнергетики Забайкальского края на 2022–2026 годы». [Электронный ресурс] URL: <https://media.75.ru/minenergo/documents/105522/gubernatora-zabaykal-skogo-kрая-ot-30-04-2021g-225-r-sipr.pdf>
36. Ревич Б.А. К оценке влияния деятельности ТЭК на качество окружающей среды и здоровье населения // Проблемы прогнозирования. – 2010. – № 4 (121). – С. 87–99.
37. Руководство по устойчивой городской мобильности и территориальному планированию. Содействие активной мобильности // Европейская экономическая комиссия ООН, 2020. – 201 с.
38. Семикашев В.В., Колпаков А.Ю., Яковлев А.А., Ростовский Й.-К. Развитие рынка электромобилей в России как необходимое условие получения выгод от глобального тренда на электрификацию транспорта // Проблемы прогнозирования. – 2022. – № 3. – С. 52–63.
39. Сидоренко В.Н. Моделирование и экономическая оценка ущерба здоровью населения регионов России от загрязнения воздуха // Вестник СамГУ – Естественнонаучная серия. – 2006. – № 9. – С. 270–276.
40. Синецын М.В. Ценовая конкурентоспособность легковых электромобилей в США // Инновации и инвестиции. – 2019. – № 7. – С. 74–80.
41. Сияк Ю.В. Проблемы конкурентоспособности новых технологий в легковом автотранспорте (ДВС–Электромобиль–Водородный автомобиль с топливным элементом). – ИНП РАН, 2019. – 74 с.
42. Скобелев Д.О. Экологическая промышленная политика: основные направления и принципы становления в России // Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика. – 2019. – № 4. – С. 78–94.
43. Сорокин Н.Д. Выбросы автотранспорта и качество атмосферного воздуха в городах // Экология производства. – 2020. – № 6. – С. 60–69.
44. Стоимостная оценка экологического ущерба. Современная методология и практика: научная монография / О.Е. Медведева, Г.И. Микерин, П.В. Медведев, М.А. Вакула. Международная академия оценки и консалтинга. – М.: НОУ ВО «МАОК», 2017. – 138 с.
45. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года. Распоряжение Правительства РФ от 27.11.2021 № 3363-р. [Электронный ресурс] URL: <http://static.government.ru/media/files/7enYF2uL5kFZIOOpQhLl0nUT91RjCbeR.pdf>
46. Тулупов А.С. Оценка риска загрязнения окружающей среды: обзор и систематизация методологических подходов и методического обеспечения // Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика. – 2021. – № 6. – С. 3–27.
47. Ульянов Н. Россию заряжают на электродвижение // Эксперт. – 2022. – № 36. – С. 30–34.
48. Усанина Л.В., Вербицкая Н.О. Оценка состояния шумового загрязнения автомобильным транспортом улично-дорожной сети в г. Екатеринбурге // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 3. [Электронный ресурс] URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=9468>
49. Ховавко И.Ю. Автомобили в городе: теория и практика регулирования // Эффективное антикризисное управление. – 2016. – № 2. – С. 72–76
50. Ховавко И.Ю. Ездить нельзя платить // Экономическая наука современной России. – 2011. – № 4. – С. 94–106.

51. Ховавко И.Ю. Система «Платон»: интернализация экстерналий или «кара небесная»? // Экономическая политика. – 2018. – Т. 13. – № 2. – С. 78–99.
52. Электромобили VS. Автомобили с ДВС. Климатические эффекты в РФ. – М.: Московский кредитный банк, 2022. – 26 с. [Электронный ресурс] URL: <https://www.eprussia.ru/lib/341/5400911/>
53. Энергия и прогнозы мирового развития: тенденции и закономерности: в 2 ч. / Ю.А. Плакиткин, Л.С. Плакиткина. – М.: Издательский дом МЭИ, 2020. — 220 с.
54. Aichberger C., Jungmeier G. Environmental Life Cycle Impacts of Automotive Batteries Based on a Literature Review // Energies, MDPI. – 2020. – Vol. 13. – № 23. – Pp. 1-27.
55. Bashmakov I. Russia's foreign trade, economic growth, and decarbonization. Long-term vision. – Center for energy efficiency – XXI, 2023. – 115 p.
56. Best practices in electric mobility. – Vienna: United Nations Industrial Development Organization, 2020. – 84 p.
57. Bieker G. A global comparison of the life-cycle greenhouse gas emissions of combustion engine and electric passenger cars. – ICCT, 2021. – 81 p.
58. Bieresselioglu M.E., Kaplan M.D., Yilmaz B.K. Electric mobility in Europe: A comprehensive review of motivators and barriers in decision making processes // Transportation Research Part A: Policy and Practice. – 2018. – Vol. 109. – Pp. 1-13.
59. Bongardt D., Schmid D., Huizenga C., Litman T. Sustainable Transport Evaluation: Developing practical tools for evaluation in the context of the CSD process. – United Nations Department of Economic and Social Affairs, 2011. – 44 p.
60. Bongardt D., Stiller L., Swart A., Wagner A. Sustainable urban transport: Avoid-Shift-Improve (A-S-I). – Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, 2019. – 4 p.
61. Breetz H. L., Salon D. Do electric vehicles need subsidies? Ownership costs for conventional, hybrid, and electric vehicles in 14 U.S. cities // Energy Policy. – 2018. – Vol. 120. – Pp. 238-249.
62. Caulfield B. et al. Measuring the equity impacts of government subsidies for electric vehicles // Energy. – 2022. – Vol. 248. – Pp. 1-11.
63. Chiabai A., Spadaro J.V., Neumann M.B. Valuing deaths or years of life lost? Economic benefits of avoided mortality from early heat warning systems // Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change. – 2018. – Vol. 23. – Pp. 1159-1176.
64. Cui H., Ma R. A statistical view of public charging infrastructure for electric vehicles in China through 2021. – ICCT, 2023. – 7 p.
65. Danielis R., Giansoldati M., Scorrano M. Consumer and society-oriented cost of ownership of electric and conventional cars in Italy // Working Papers SIET. – 2019. – № 19_3. – Pp. 1–21.
66. De Abreu V.H.S., Da Costa M.G., Da Costa V.X. et al. The Role of the Circular Economy in Road Transport to Mitigate Climate Change and Reduce Resource Depletion // Sustainability, MDPI. – 2022. – Vol. 14. – № 14. – Pp. 1-26.
67. De Clerck Q. et al. Total Cost for Society: A persona-based analysis of electric and conventional vehicles // Transportation Research Part D: Transport and Environment. – 2018. – Vol. 64. – Pp. 90-110.
68. Delucchi M.A. Environmental Externalities of Motor-Vehicle Use in the US // Journal of Transport Economics and Policy. – 2000. – Vol. 34. – № 2. – Pp. 135-168.
69. Desaignes B. et al. Economic valuation of air pollution mortality: A 9-country contingent valuation survey of value of a life year (VOLY) // Ecological Indicators. – 2011. – Vol. 11. – № 3. – Pp. 902-910.
70. Dolganova I., Rödl A., Bach V. et al. A Review of Life Cycle Assessment Studies of Electric Vehicles with a Focus on Resource Use // Resources, MDPI. – 2020. – Vol. 9. – № 3. – Pp. 1-20.

71. Electric Cars in Germany: Calculating the Total Cost of Ownership for Consumers. Final report (v2) for VZBV & BEUC. – Cambridge: Element Energy Limited, 2021. – 29 p.
72. Electric Vehicle Policy Pathway. Working Group Report. – Ireland: Department of Transport, 2021. – 72 p.
73. Environmental Prices Handbook 2017. Methods and numbers for valuation of environmental impacts / S. de Bruyn, S. Ahdour, M. Bijleveld et al. – Delft: CE Delft, 2018. – 176 p.
74. External Costs of Transport in Europe. Update Study for 2008 / H. van Essen, A. Schroten, M. Otten et al. – Delft: CE Delft, 2011. – 161 p.
75. Farren N.J., Davison J., Rose R.A. et al. Underestimated Ammonia Emissions from Road Vehicles // Environmental Science and Technology. – 2020. – № 54. – Pp. 15689-15697.
76. Gilmore E.A., Patwardhan A. Passenger vehicles that minimize the costs of ownership and environmental damages in the Indian market // Applied Energy. – 2016. – Vol. 184. – Pp. 863–872.
77. Global EV Outlook 2021. Accelerating ambitions despite the pandemic. – IEA Publications., 2021. – 97 p.
78. Global EV Outlook 2022. Securing supplies for an electric future. – IEA Publications, 2022. – 218 p.
79. Global EV Outlook 2023. Catching up with climate ambitions. – IEA Publications, 2023. – 140 p.
80. Hall D., Lutsey N. Charging infrastructure in cities: Metrics for evaluating future needs. – ICCT, 2020. – 22 p.
81. Hall D., Lutsey N. Emerging best practices for electric vehicle charging infrastructure. – ICCT, 2017. – 48 p.
82. Handbook on the external costs of transport: version 2019 – 1.1 / H. van Essen, L. van Wijngaarden, A. Schroten et al. – Publication Office of the EU, 2020. – 330 p.
83. Hasan M.A., Frame D.J., Chapman R., Archie K.M. Costs and emissions: Comparing electric and petrol-powered cars in New Zealand // Transportation Research Part D: Transport and Environment. – 2021. – Vol. 90. – Pp. 1-13.
84. Health Effects Institute. State of Global Air 2020. Special Report. – Boston, MA: Health Effects Institute, 2020. – 28 p.
85. Hill N., Amaral S., Morgan-Price S. et al. Determining the environmental impacts of conventional and alternatively fuelled vehicles through LCA. – Publication Office of the EU, 2020. – 409 p.
86. Hitting the EV Inflection Point. – BloombergNEF, T&E, 2021. – 56 p.
87. Holzwarth S., Lah O., Martin E. et al. Integration is key: The role of electric mobility for low-carbon and sustainable cities. – UN-Habitat, 2022. – 82 p.
88. Jensen S.S., Willumsen E., Brandt J., Kristensen N.B. Evaluation of exposure factors applied in marginal external cost analysis of transportation related air pollution // Transportation Research Part D: Transport and Environment. – 2008. – Vol. 13. – № 4. – Pp. 255–273.
89. Jin L., Chu Y., Wang X. Accelerating new energy vehicle uptake in Chinese cities. Assessment of policies for private passenger cars in leading city markets. – ICCT, 2023. – 26 p.
90. Jochem P., Doll C., Fichtner W. External costs of electric vehicles // Transportation Research Part D: Transport and Environment. – 2016. – Vol. 42. – Pp. 60–76.
91. Karaaslan E., Noori M., Lee J. et al. Modeling the effect of electric vehicle adoption on pedestrian traffic safety: An agent-based approach // Transportation Research Part C: Emerging Technologies. – 2018. – Vol. 93. – Pp. 198–210.
92. Kok I., Hall D. Battery electric and plug-in hybrid vehicle uptake in European cities. – ICCT, 2023. – 15 p.

93. Kudryavtseva O.V., Baraboshkina A.V. Low-Carbon Development: Challenges for Russia // 21st International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM. – 2021. – Vol. 21. – № 5.1. – Pp. 301–306.
94. Kudryavtseva O.V., Baraboshkina A.V., Nadenenko A.K. Sustainable Low-Carbon Development of Urban Public Transport: International and Russia's Experience // Journal of Siberian Federal University. Humanities & Social Sciences. – 2021. – Vol. 14. – № 12. – Pp. 1795–1807.
95. Kudryavtseva O.V., Kurdin A.A. Prospects for low-carbon industrial policy: The case of Russia // Global Challenges of Climate Change. – 2023. – Vol. 2. – Pp. 251–263.
96. Kumar P., Chakrabarty S. Total Cost of Ownership Analysis of the Impact of Vehicle Usage on the Economic Viability of Electric Vehicles in India // Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board. – 2020. – Vol. 2674. – № 11. – Pp. 1–10.
97. Lebeau Ph., Macharis C., Van Mierlo J. How to improve the total cost of ownership of electric vehicles: An analysis of the light commercial vehicle segment // World Electric Vehicle Journal, MDPI. – 2019. – Vol. 10. – № 4. – Pp. 1–15.
98. Letmathe P., Suares M. A consumer-oriented total cost of ownership model for different vehicle types in Germany // Transportation Research Part D: Transport and Environment. – 2017. – Vol. 57. – Pp. 314–335.
99. Lévy P.Z., Drossinos Y., Thiel C. The effect of fiscal incentives on market penetration of electric vehicles: A pairwise comparison of total cost of ownership // Energy Policy. – 2017. – Vol. 105. – Pp. 524–533.
100. Li Sh. et al. The Role of Government in the Market for Electric Vehicles: Evidence from China // Journal of Policy Analysis and Management. – 2021. – Vol. 41. – № 2. – Pp. 450–485.
101. Litman T. Climate Change Emission Valuation for Transportation Economic Analysis. – Victoria Transport Policy Institute. – 2012. – 36 p.
102. Litman T. Well measured: Developing indicators for sustainable and livable transport planning. – Victoria Transport Policy Institute, 2023. – 116 p.
103. Mead L. The Road to Sustainable Transport. – International Institute for Sustainable Development, 2021. – 9 p.
104. Menon A., Yang Z., Bandivadekar A. Electric Vehicle Guidebook for Indian States // ICCT, 2019. – 56 p.
105. Mitropoulos L.K., Prevedouros P.D., Kopelias P. Total cost of ownership and externalities of conventional, hybrid and electric vehicle // Transportation Research Procedia. – 2017. – Vol. 24. – Pp. 267–274.
106. Münzel T., Sørensen M., Daiber A. Transportation noise pollution and cardiovascular disease // Nature Reviews Cardiology. – 2021. – № 18. – Pp. 619–636.
107. Nerhagen L., Bergström R., Forsberg B. et al. Measuring the external health cost of particulate matter from road traffic and other sources in Stockholm, Sweden // Working Papers. – 2010. – Pp. 1–13.
108. Neubauer J., Smith K., Wood E., Pesaran, A. Identifying and Overcoming Critical Barriers to Widespread Second Use of PEV Batteries. – Golden, CO, USA: National Renewable Energy Laboratory (NREL), 2015. – 81 p.
109. New Plug-in Car Grant Levels from March 2016. – Office for Low Emission Vehicles, 2016. – 6 p.
110. Non-exhaust Particulate Emissions from Road Transport: An Ignored Environmental Policy Challenge. – Paris: OECD Publishing, 2020. – 149 p.
111. Non-exhaust Particulate Emissions from Road Transport: An Ignored Environmental Policy Challenge (Highlights). – Paris: OECD Publishing, 2020. – 12 p.

112. Nordhaus W.D. Revisiting the social cost of carbon // PNAS. – 2016. – Vol. 114. – № 7. – Pp. 1518–1523.
113. Palmer K., Tate J.E., Wadud Z., Nellthorp J. Total cost of ownership and market share for hybrid and electric vehicles in the UK, US and Japan // Applied Energy. – 2018. – Vol. 209. – Pp. 108–119.
114. Parker N., Breetz H. L., Salon D. et al. Who saves money buying electric vehicles? Heterogeneity in total cost of ownership // Transportation Research Part D: Transport and Environment. – 2021. – Vol. 96. – Pp. 1-16.
115. Pipitone E., Caltabellotta S., Occhipinti L. A Life Cycle Environmental Impact Comparison between Traditional, Hybrid, and Electric Vehicles in the European Context // Sustainability, MDPI. – 2021. – Vol. 13. – № 19. – Pp. 1-32.
116. Plötz P. et al. Real-world usage of plug-in hybrid electric vehicles: fuel consumption, electric driving, and CO₂ emissions. – ICCT, 2020. – 50 p.
117. Plug-in Car Grant Vehicle Application Form and Guidance Notes. Version 8.0. – Office for Low Emission Vehicles, 2021. – 29 p.
118. Pratt C. Estimation and valuation of environmental and social externalities for the transport sector // 25th Australasian Transport Research Forum Incorporating the BTRE Transport Policy Colloquium, 2002. – 28 p.
119. Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL concerning batteries and waste batteries, repealing Directive 2006/66/EC and amending Regulation (EU) No 2019/1020. [Электронный ресурс] URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A52020PC0798>
120. Report on the Social Cost of Greenhouse Gases: Estimates Incorporating Recent Scientific Advances. – U.S. Environmental Protection Agency, 2022. – 131 p.
121. Rokadiya S., Yang Z. Overview of global zero-emission vehicle mandate programs. – ICCT, 2019. – 15 p.
122. Runkel M., Mahler A., Ludewig D., Rückes A.L. Loss of revenues in passenger car taxation due to incorrect CO₂ values in 11 EU states. – The Greens/EFA Group in the European Parliament, 2018. – 47 p.
123. Sachan S., Deb S., Singh S.N. Different charging infrastructures along with smart charging strategies for electric vehicles // Sustainable Cities and Society. – 2020. – Vol. 60. – Pp. 1-12.
124. Sanguesa J.A. et al. A Review on Electric Vehicles: Technologies and Challenges // Smart Cities, MDPI. – 2021. – Vol. 4. – № 1. – Pp. 372–404.
125. Santos G., Rembalski S. Do electric vehicles need subsidies in the UK? // Energy Policy. – 2021. – Vol. 149. – Pp. 1-27.
126. Schlöter L. Empirical analysis of the depreciation of electric vehicles compared to gasoline vehicles // Transport Policy. – 2022. – Vol. 126. – Pp. 268–279.
127. She Z.-Y. et al. What are the barriers to widespread adoption of battery electric vehicles? A survey of public perception in Tianjin, China // Transport Policy. – 2017. – Vol. 56. – Pp. 29-40.
128. Sundqvist T. What causes the disparity of electricity externality estimates? // Energy Policy. – 2004. – Vol. 32. – Pp. 1753–1766.
129. Sustainable transport, sustainable development. Interagency report for second global sustainable transport conference. – United Nations Department of Economic and Social Affairs, 2021. – 109 p.
130. Tang B. et al. Life Cycle Assessment of Battery Electric and Internal Combustion Engine Vehicles Considering the Impact of Electricity Generation Mix: A Case Study in China // Atmosphere, MDPI. – 2022. – Vol. 13. – № 2. – Pp. 1-23.

131. Tarei P.K., Chand P., Gupta H. Barriers to the adoption of electric vehicles: Evidence from India // *Journal of Cleaner Production*. – 2021. – Vol. 291. – Pp. 1-19.
132. *The Cost of Air Pollution: Health Impacts of Road Transport*. – OECD Publishing, 2014. – 79 p.
133. *The Global Risks Report 2022*. – World Economic Forum, 2022. – 117 p.
134. The second phase of China's new energy vehicle mandate policy for passenger cars. – ICCT, 2021. – 10 p.
135. *The Value of Carbon in Decision-Making: The Social Cost of Carbon and the Marginal Abatement Cost // Sustainable Prosperity*. – Ottawa: University of Ottawa, 2011. – 16 p.
136. *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development (A/RES/70/1)*. – United Nations, 2015. – 38 p.
137. *Transportation Cost and Benefit Analysis II – Air Pollution Costs*. – Victoria Transport Policy Institute, 2020. – 26 p. [Электронный ресурс] URL: <https://www.vtpi.org/tca/tca0510.pdf>
138. Wang N., Tang L., Pan H. A global comparison and assessment of incentive policy on electric vehicle promotion // *Sustainable Cities and Society*. – 2019. – Vol. 44. – Pp. 597-603.
139. Watkiss P. *The Social Cost of Carbon*. – OECD, 2006. – 9 p.
140. Wu Y., Zhang L. Can the development of electric vehicles reduce the emission of air pollutants and greenhouse gases in developing countries? // *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. – 2017. – Vol. 51. – Pp. 129-145.
141. Xia X., Li P. A review of the life cycle assessment of electric vehicles: Considering the influence of batteries // *Science of The Total Environment*. – 2022. – Vol. 814. – Pp. 1-14.
142. Yang L., Yu B., Yang B. et al. Life cycle environmental assessment of electric and internal combustion engine vehicles in China // *Journal of Cleaner Production*. – 2021. – Vol. 285. – Pp. 1-13.
143. Yao X., Ma S., Bai Y., Jia N. When are new energy vehicle incentives effective? Empirical evidence from 88 pilot cities in China // *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. – 2022. – Vol. 165. – Pp. 207-224.
144. Zheng Y., He X., Wang H. et al. Well-to-wheels greenhouse gas and air pollutant emissions from battery electric vehicles in China // *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. – 2020. – Vol. 25. – Pp. 355–370.

Интернет-ресурсы

145. Автокредит с господдержкой // Официальный сайт банка РНКБ. [Электронный ресурс] URL: <https://www.rncb.ru/>
146. Александров Д. Продажи новых автомобилей в России в 2022 году рухнули на 59% // Autonews. [Электронный ресурс] URL: <https://www.autonews.ru/news/63bfd4a69a7947f4bc1fd826>
147. Александров Д. Продажи новых автомобилей в России рухнули на 44,7% // Autonews. [Электронный ресурс] URL: <https://www.autonews.ru/news/642d2fd09a7947b6f9712635>
148. Андрей Белоусов провел стратегическую сессию по развитию электротранспорта в России // Министерство экономического развития Российской Федерации. [Электронный ресурс] URL: https://www.economy.gov.ru/material/news/andrey_belousov_provel_strategicheskuyu_sessiyu_po_razvitiyu_elektrotransporta_v_rossii.html
149. Аньков В. Среднегодовой пробег автомобилей в России за 3 года вырос на 2,7 тыс. км – эксперты // Интерфакс. [Электронный ресурс] URL: <https://www.interfax-russia.ru/far-east/news/srednegodovoy-probeg-avtomobiley-v-rossii-za-3-goda-vyros-na-2-7-tys-km-eksperty>
150. Астапкович В. Литиевая ловушка: Россию оставили без стратегически важного металла // РИА Новости. [Электронный ресурс] URL: <https://ria.ru/20220708/litiy-1800963165.html>

151. Батыров Т. Mercedes-Benz перейдет на выпуск электромобилей с 2030 года // Forbes. [Электронный ресурс] URL: <https://www.forbes.ru/newsroom/tehnologii/435685-mercedes-benz-pereydet-na-vypusk-elektromobiley-c-2030-goda>
152. Без коробки передач и топливного бака. Как устроены электромобили // БКС Экспресс. [Электронный ресурс] URL: <https://bcs-express.ru/novosti-i-analitika/bez-korobki-peredach-i-toplivnogo-baka-kak-ustroeny-elektromobili>
153. Будрина Л. Evolute i-Pro – самый популярный электрокар в России // Motor. [Электронный ресурс] URL: <https://motor.ru/news/evs-sales-russia-16-12-2022.htm>
154. Будрина Л. В каких городах появились электрические «Москвичи»: список // Motor. [Электронный ресурс] URL: <https://motor.ru/news/moskvich-ev-regions-16-02-2023.htm>
155. В России начала действовать нулевая пошлина на ввоз электромобилей // Дром. [Электронный ресурс] URL: <https://news.drom.ru/78410.html>
156. В РФ количество ЭЭС для электромобилей за год выросло в два раза – до 1 664 штук // Энергетика и промышленность России. [Электронный ресурс] URL: <https://www.eprussia.ru/news/base/2023/2052189.htm>
157. Велика Россия, а заряжать нечего // Коммерсантъ. [Электронный ресурс] URL: <https://www.kommersant.ru/doc/5864485>
158. Виды кислотных дождей и их состав // Ozone Program. [Электронный ресурс] URL: https://www.ozoneprogram.ru/biblioteka/slovar/kislotnye_dozhdi/sostav_kislotnyh_dozhdej/
159. Внимание: угарный газ! // Газпром газораспределение Владимир. [Электронный ресурс] URL: <https://www.vladoblgaz.ru/prochee/>
160. Воронов В. Питать удачу: «Газпром» начнет поставки лития «Росатому» // Известия. [Электронный ресурс] URL: <https://iz.ru/1500385/valerii-voronov/pitat-udachu-gazprom-nachnet-postavki-litiia-rosatomu>
161. Готовы ли вы купить электромобиль в ближайшие пару лет? // Дром. [Электронный ресурс] URL: <https://www.drom.ru/poll.php?pollid=896>
162. Гращенкова В. Сколько стоит зарядная станция для электромобиля // Тинькофф Журнал. [Электронный ресурс] URL: <https://journal.tinkoff.ru/zaryadnaya-stanciya/>
163. Группа «Россети» готова обеспечить первую в России «гигафабрику» надежной электросетевой инфраструктурой // Рэнера. [Электронный ресурс] URL: <https://renera.ru/news/Gruppa%20%C2%ABRosseti%C2%BB%20gotova%20obespechit%20pervuyu%20v%20Rossii%20%C2%ABgigafabriku%C2%BB%20nadezhnoj%20elektrosetevoj%20infrastrukturoj/>
164. Дагестан энергетический: неизбежный кризис или возможный ренессанс // РИА Дербент. [Электронный ресурс] URL: <https://riaderbent.ru/dagestan-energeticheskij-neizbezhnyj-krisis-ili-vozmozhnyj-renessans.html>
165. Данные по показателям ЦУР // Федеральная служба государственной статистики. [Электронный ресурс] URL: <https://rosstat.gov.ru/sdg/data>
166. Жизнь «эконов»: почему экономисты иногда оказываются неправы // Forbes. [Электронный ресурс] URL: <https://www.forbes.ru/forbeslife/obrazovanie-i-karera/316417-zhizn-ekonomov-pochemu-ekonomisty-inogda-okazyvayutsya-nepravu>
167. Загрязнение атмосферного воздуха (воздуха вне помещений) // Всемирная Организация Здравоохранения. [Электронный ресурс] URL: [https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
168. Захаров А. Дорогие километры: в какую сумму обходится владение автомобилем в России // РИА Новости. [Электронный ресурс] URL: <https://ria.ru/20160914/1476953363.html>

169. Злобин А. Минэкономразвития рекомендовало регионам вводить налоговые льготы для электромобилей // Forbes. [Электронный ресурс] URL: <https://www.forbes.ru/biznes/455293-minekonomrazvitia-rekomendovalo-regionam-vvodit-nalogovye-lgoty-dla-elektromobilej>
170. Индексы потребительских цен // Федеральная служба государственной статистики. [Электронный ресурс] URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/price#>
171. Как оценить авто с помощью онлайн-калькулятора. [Электронный ресурс] URL: <https://automama.ru/blog/post/onlajn-kalkuljator-stoimosti-avto>
172. Какой транспортный налог на электромобили? // Автокод Объявления. [Электронный ресурс] URL: <https://cars.avtocod.ru/blog/kakoj-transportnyj-nalog-na-elektromobili-312.html>
173. Калькулятор оценки стоимости владения автомобилем // «Цена Авто». [Электронный ресурс] URL: <https://cena-auto.ru/calculator/tco/>
174. Карасев С. В ПДД введены понятия электромобиль и гибридный автомобиль // 3DNews. [Электронный ресурс] URL: <https://3dnews.ru/955566/vpdd-vvedeni-ponyatiya-elektromobil-i-gibridniy-avtomobil>
175. Катона В. Страсти вокруг кобальта: в чьих руках металл XXI века? // РСМД. [Электронный ресурс] URL: <https://russiancouncil.ru/analytics-and-comments/analytics/strasti-vokrug-kobalta-v-chikh-rukakh-metall-xxi-veka/#:~:text>
176. Количество автозаправочных станций (АЗС) по субъектам Российской Федерации за 2022 год // Федеральная служба государственной статистики. [Электронный ресурс] URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/transport>
177. Количество электрозаправок в РФ за год удвоилось // Переток. ру. [Электронный ресурс] URL: <https://peretok.ru/news/strategy/26157/>
178. Конончук М. В мире начался литиевый кризис. Он еще сильнее ударит по автопрому // Autonews. [Электронный ресурс] URL: <https://www.autonews.ru/news/63313f899a7947bb638b7e7c>
179. Кривая бескупонной доходности государственных облигаций // Банк России. [Электронный ресурс] URL: https://www.cbr.ru/hd_base/zcyc_params/zcyc/
180. Кривушкова А. Гонка за литием: от win-lose к win-win в новых реалиях // Asia Business Blog. [Электронный ресурс] URL: <https://asiablog.com/2023/03/china-lithium-ev/>
181. Курс евро в 2021 г. [Электронный ресурс] URL: <https://ratestats.com/euro/2021/>
182. Лобода В. LADA и еще 10 марок с парком более 1 млн легковых автомобилей // Автостат. [Электронный ресурс] URL: <https://www.autostat.ru/news/54123/>
183. Лобода В. В России насчитывается 16,5 тысячи электромобилей // Автостат. [Электронный ресурс] URL: <https://www.autostat.ru/infographics/51535/>
184. Лобода В. В России числится 3,6 тысячи электрокаров // Автостат. [Электронный ресурс] URL: <https://www.autostat.ru/news/38371/>
185. Лобода В. Динамика продаж автомобилей по сегментам в 2020 году // Автостат. [Электронный ресурс] URL: <https://www.autostat.ru/infographics/47040/>
186. Лобода В. Рынок новых электромобилей в России в 2022 году установил рекорд // Автостат. [Электронный ресурс] URL: <https://www.autostat.ru/news/53604/>
187. Лобода В. Стали известны регионы РФ с наибольшим парком электромобилей // Автостат. [Электронный ресурс] URL: <https://www.autostat.ru/news/54079/>
188. Лобода В. Число зарегистрированных электромобилей в России превысило 20 тысяч // Автостат. [Электронный ресурс] URL: <https://www.autostat.ru/news/54027/>
189. Львова А. Принята концепция развития электротранспорта почти на 600 млрд рублей // Ведомости. [Электронный ресурс] URL: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2021/08/23/883259-kontseptsiya-elektrotransporta>
190. Маслова А. Что такое классы автомобилей: в чем их разница // Autonews. [Электронный ресурс] URL: <https://www.autonews.ru/news/627e0cad9a79476cc13b0bef>

191. Мингазов С. Число легковых автомобилей впервые сократилось более чем в пяти регионах России // Forbes. [Электронный ресурс] URL: <https://www.forbes.ru/biznes/485397-cislo-legkovyih-avtomobilej-vpervye-sokratilos-bolee-chem-v-pati-regionah-rossii>
192. Минпромторг России разъясняет актуальные параметры программы льготного автокредитования // Минпромторг России. [Электронный ресурс] URL: https://minpromtorg.gov.ru/press-centre/news/minpromtorg_rossii_razyasnyat_aktualnye_parametry_programmy_lgotnogo_avtokreditovaniya
193. Минэнерго России предлагает расширить перечень мест для размещения субсидируемых электростанций // Министерство энергетики РФ. [Электронный ресурс] URL: <https://minenergo.gov.ru/node/23506>
194. Михаил Мишустин утвердил перечень дополнительных мер поддержки развития электротранспорта // Правительство РФ. [Электронный ресурс] URL: <http://government.ru/news/48386/>
195. Москва и Санкт-Петербург в лидерах рейтинга городов с самыми высокими уровнями загрязнения NO₂ // TechInsider. [Электронный ресурс] URL: <https://www.techinsider.ru/science/news-1551879-moskva-i-sankt-peterburg-zanyali-pervye-strochki-v-reytinge-gorodov-s-samymi-vysokimi-urovnyami-zagryazneniya-no2/>
196. Москва станет мировым лидером по числу прокатных электросамокатов в 2023 году // 3DNews. [Электронный ресурс] URL: <https://3dnews.ru/1083651/moskva-stanet-mirovim-liderom-po-chislu-prokatnih-elektrosamokatov-v-2023-godu>
197. Москвич-3е: цифровая приборка, расход 25,0 кВт*ч/100 км, батарея от «Росатома», новая платформа [Электронный ресурс] URL: <https://news.drom.ru/93071.html>
198. На Мосбирже начали продавать углеродные единицы. [Электронный ресурс] URL: <https://rg.ru/2022/10/12/torg-zdes-umesten.html>
199. Операторы зарядных станций для электромобилей в РФ столкнулись с убыточностью из-за небольшого количества клиентов // Хабр. [Электронный ресурс] URL: <https://habr.com/ru/news/721450/>
200. Официальный сайт Electric Circuit. [Электронный ресурс] URL: <https://lecircuitelectrique.com/en/>
201. Официальный сайт Evolute. [Электронный ресурс] URL: <https://www.evolute.ru/>
202. Официальный сайт Lada Vesta Sport. [Электронный ресурс] URL: <https://www.yahroma-lada.ru/ds/cars/vesta/sport/prices.html>
203. Официальный сайт MN8 Energy. [Электронный ресурс] URL: <https://mn8energy.com/about/>
204. Официальный сайт Nissan. [Электронный ресурс] URL: <https://www.nissanusa.com/vehicles/electric-cars/leaf.html>
205. Официальный сайт Volkswagen. [Электронный ресурс] URL: <https://www.vw.com/en.html>
206. Официальный сайт автомобильного завода «Москвич» [Электронный ресурс] URL: <https://moskvich-auto.ru/>
207. Оценка численности постоянного населения г. Москвы на 1 января 2022–2023 годов и в среднем за 2022 год по муниципальным образованиям // Федеральная служба государственной статистики. [Электронный ресурс] URL: <https://77.rosstat.gov.ru/folder/64634>
208. Парижское соглашение // ООН. [Электронный ресурс] URL: <https://www.un.org/ru/climatechange/paris-agreement>
209. Перехватывающие парковки // Mos. Ru. [Электронный ресурс] URL: <https://transport.mos.ru/parking/aboutparking/perehvaty>

210. Перечень аббревиатур // ОЭСР. [Электронный ресурс] URL: <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/c31e7424-ru/index.html?itemId=/content/component/c31e7424-ru>
211. Петров А. Глобальное потепление: как государства регулируют количество выбросов // Тинькофф Журнал. [Электронный ресурс] URL: <https://journal.tinkoff.ru/decarbonization/>
212. Продажи электрокаров в России в I квартале выросли в два раза // Ведомости. [Электронный ресурс] URL: <https://www.vedomosti.ru/auto/articles/2023/04/20/971821-prodazhi-elektrokarov-virosli>
213. Расходы в такси: какие и сколько у водителя? // team avto. [Электронный ресурс] URL: <https://teamavto.ru/rashody-v-taksi-kakie-i-skolko-u-voditelya/>
214. Росатом построит завод по производству литий-ионных ячеек и систем накопления энергии в Калининградской области // Рэнера. [Электронный ресурс] URL: <https://renera.ru/news/rosatompostroitzavod/>
215. Сергей Собянин принял решение о создании центра исследования и разработки в области электротранспортных средств // Официальный сайт Мэра Москвы. [Электронный ресурс] URL: <https://www.mos.ru/mayor/themes/2299/9160050/>
216. Система мониторинга частиц PM2.5 и PM10 // Лабтест. [Электронный ресурс] URL: <https://lab-test.ru/sistemy-monitoringa-chastits-pm2-5-i-pm10/>
217. Сколько в России электромобилей и как развивается инфраструктура для них // Тинькофф Журнал. [Электронный ресурс] URL: <https://journal.tinkoff.ru/statistic-electrocars/>
218. Смольянов Д. Льготный автокредит с господдержкой — 2023: условия, список авто, кому доступен // Медиа Про. [Электронный ресурс] URL: <https://mediapro.yandex.ru/work/preferential-car-loan-program#kakie-avtomobili-podpadayut-pod-programmu-l'gotnogo-avtokreditovaniya-v-2023-godu>
219. Средние цены за январь 2023 г. в Иркутской области // benzin-price. [Электронный ресурс] URL: https://www.benzin-price.ru/stat_month.php?month=1&year=2023®ion_id=38
220. Структура автопарка РФ и Москвы по экологическим классам // Автостат. [Электронный ресурс] URL: <https://www.autostat.ru/infographics/38282/>
221. Тарифы и правила оплаты в Москве // Mos. ru. [Электронный ресурс] URL: <https://parking.mos.ru/new/>
222. Тарифы Москва // Официальный сайт Мосэнергосбыта. [Электронный ресурс] URL: <https://www.mosenergosbyt.ru/individuals/tariffs-n-payments/tariffs-msk/>
223. Тарифы на электрическую энергию с 1 декабря 2022 по 31 декабря 2023 года // Иркутскэнергосбыт. [Электронный ресурс] URL: <https://sbyt.irkutskenergo.ru/qa/6949.html>
224. Тимерханов А. В России зарегистрировано 6,3 тыс. электромобилей // Автостат. [Электронный ресурс] URL: <https://www.autostat.ru/news/42999/>
225. Тимерханов А. В России насчитывается 1,8 тыс. электрокаров // Автостат. [Электронный ресурс] URL: <https://www.autostat.ru/news/33405/>
226. Тимерханов А. В России насчитывается 920 электромобилей // Автостат. [Электронный ресурс] URL: <https://www.autostat.ru/news/29517/>
227. Тимерханов А. Какие сроки владения автомобилями в России? // Автостат. [Электронный ресурс] URL: <https://www.autostat.ru/news/46900/>
228. Тимерханов А. Количество электромобилей в России превысило 10 тысяч единиц // Автостат. [Электронный ресурс] URL: <https://www.autostat.ru/news/47243/>
229. Тимерханов А. Парк электромобилей в России на начало 2016 года // Автостат. [Электронный ресурс] URL: <https://www.autostat.ru/infographics/25457/>
230. Тимерханов А. Продажи новых электромобилей в апреле выросли в 5 раз // Автостат. [Электронный ресурс] URL: <https://www.autostat.ru/news/54587/>

231. Типология людей по критерию готовности к принятию новой информации // Социум. [Электронный ресурс] URL: <https://www.socium-a.ru/lifehack/article/tipologiya-lyudey-po-kriteriyu-gotovnosti-k-prinya-15957>
232. Трубин А. «Москвич 3е» не вошел в список программы льготного автокредитования // Autonews. [Электронный ресурс] URL: <https://www.autonews.ru/news/642687599a79472910c05ee4>
233. Трубин А. Стало известно количество проданных Evolute i-Pro и i-Joy // Autonews. [Электронный ресурс] URL: <https://autonews-ru.turbopages.org/autonews.ru/s/news/646f516e9a794753fdb31a70>
234. Утилизация автомобилей в 2023 году. [Электронный ресурс] URL: <https://www.kp.ru/expert/avto/utilizatsiya-avtomobilej/>
235. Цены на бензин и карта АЗС России // Benzin-price. [Электронный ресурс] URL: https://www.benzin-price.ru/?utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F
236. Численность населения // Федеральная служба государственной статистики. [Электронный ресурс] URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/12781>
237. Число зарядных станций для электромобилей за год выросло вдвое // СИА. [Электронный ресурс] URL: https://sia.ru/?section=484&action=show_news&id=448605
238. Чупров А. В России продано более 1000 электромобилей Evolute // Автостат [Электронный ресурс]. [Электронный ресурс] URL: <https://www.autostat.ru/news/54810>
239. Чупров А. Ввозную пошлину на электромобили обнулят для стран ЕАЭС, кроме России. [Электронный ресурс] URL: <https://www.autostat.ru/news/51034/>
240. Штанов В. Пошлины на ввоз в Россию электромобилей могут стать нулевыми // Ведомости. [Электронный ресурс] URL: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2020/02/18/823336-poshlina-na-vvoz>
241. Эксперты предсказали, сколько электромобилей будет в России к 2030 году // РИА Новости. [Электронный ресурс] URL: <https://ria.ru/20211021/elektromobil-1755502699.html>
242. Электромобили зашумели по команде // Коммерсантъ. [Электронный ресурс] URL: <https://www.kommersant.ru/doc/4017790>
243. Электромобилям нужен кобальт // Научная Россия. [Электронный ресурс] URL: <https://scientificrussia.ru/articles/elektromobilyam-nuzhen-kobalt>
244. Юлкин М. Парижское соглашение: трудности перевода // RenEn. [Электронный ресурс] URL: <https://renen.ru/the-paris-agreement-the-difficulties-of-translation/>
245. 16,000 Electric Buses Are Now on the Streets of One of the World's Largest Cities // AD. [Электронный ресурс] URL: <https://www.architecturaldigest.com/story/16000-electric-buses-streets-of-one-of-the-worlds-largest-cities>
246. 2023 Lucid Air: EPA Range, Efficiency And Price Overview // InsideEVs. [Электронный ресурс] URL: <https://insideevs.com/news/667325/2023-lucid-air-epa-range-efficiency-price>
247. Analysts raise EU carbon price forecasts after reform agreement // Reuters. [Электронный ресурс] URL: <https://www.reuters.com/business/sustainable-business/analysts-raise-eu-carbon-price-forecasts-after-reform-agreement-2023-04-28/>
248. Automakers Realize They Need to Develop EV Charging Networks // Transport Topics. [Электронный ресурс] URL: <https://www.ttnews.com/articles/automakers-realize-they-need-develop-ev-charging-networks>
249. Battery arms race': how China has monopolised the electric vehicle industry // The Guardian. [Электронный ресурс] URL: <https://www.theguardian.com/global-development/2021/nov/25/battery-arms-race-how-china-has-monopolised-the-electric-vehicle-industry>
250. Battery Giant CATL Flags \$9 Billion Share Placement Plan // Bloomberg. [Электронный ресурс] URL: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-08-13/china-battery-giant-catl-flags-9-billion-share-placement-plan>

251. Battery Pack Prices Fall as Market Ramps up with Market Average At \$156/kWh in 2019 // BloombergNEF. [Электронный ресурс] URL: <https://about.bnef.com/blog/battery-pack-prices-fall-as-market-ramps-up-with-market-average-at-156-kwh-in-2019/>
252. Battery Pack Prices Fall to an Average of \$132/kWh, But Rising Commodity Prices Start to Bite // BloombergNEF. [Электронный ресурс] URL: <https://about.bnef.com/blog/battery-pack-prices-fall-to-an-average-of-132-kwh-but-rising-commodity-prices-start-to-bite/>
253. Battery-Electric Vehicles Have Lower Scheduled Maintenance Costs than Other Light-Duty Vehicles // Office of energy efficiency & renewable energy. [Электронный ресурс] URL: <https://www.energy.gov/eere/vehicles/articles/fotw-1190-june-14-2021-battery-electric-vehicles-have-lower-scheduled>
254. Bold Solutions for a Cleaner New York // New York Clean Transportation Prizes. [Электронный ресурс] URL: <https://www.electricmobilitychallenge.org/>
255. Bullis C. How curbside chargers provide a “home-adjacent” experience // flo. [Электронный ресурс] URL: <https://www.flo.com/insights/type/article/curbside-charging-supporting-equitable-ev-adoption/>
256. Calculate what it will cost to import a car to Norway // The Norwegian Tax Administration. [Электронный ресурс] URL: <https://www.skatteetaten.no/en/person/duties/cars-and-other-vehicles/importing/calculate/>
257. California to require electric vehicles for most Lyft, Uber drivers [Электронный ресурс] URL: <https://www.freightwaves.com/news/california-to-require-electric-vehicles-for-most-lyft-uber-drivers>
258. Carbon dioxide emissions of the transportation sector worldwide from 1970 to 2021 // Statista. [Электронный ресурс] URL: <https://www.statista.com/statistics/1291615/carbon-dioxide-emissions-transport-sector-worldwide/>
259. Carbon Pricing Dashboard // The World Bank. [Электронный ресурс] URL: https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/map_data
260. Cars, planes, trains: where do CO2 emissions from transport come from? // Our World in Data. [Электронный ресурс] URL: <https://ourworldindata.org/co2-emissions-from-transport>
261. Charge your Vehicle or Phone at Los Angeles Airport. [Электронный ресурс] URL: <https://losangeleslaxairport.com/cell-phone-charging-stations-lax>
262. ChargePoint and Mercedes-Benz enhance driver experience with fast charging network in North America // ChargePoint. [Электронный ресурс] URL: <https://www.chargepoint.com/about/news/chargepoint-and-mercedes-benz-enhance-driver-experience-fast-charging-network-north-0>
263. Chen Z., He H. How will the dual-credit policy help China boost new energy vehicle growth? // ICCT. [Электронный ресурс] URL: <https://theicct.org/china-dual-credit-policy-feb22/>
264. China Cuts Electric-Car Subsidies, Shares of Top EV Makers Drop // Bloomberg. [Электронный ресурс] URL: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2019-03-26/china-scales-back-subsidies-for-electric-cars-to-spur-innovation>
265. China to End EV Subsidies After 30% Cut in 2022 // GlobalData. [Электронный ресурс] URL: <https://www.globaldata.com/data-insights/automotive/china-will-end-ev-subsidies-after-30-cuts-in-2022/>
266. China: New Energy Vehicle (NEV) Policy // Emission Standards. [Электронный ресурс] URL: <https://dieselnet.com/standards/cn/nev.php>
267. Climate Watch. [Электронный ресурс] URL: <https://www.climatewatchdata.org/>
268. Corri-Door project to install 200 DC fast charging points in France by December // Charged EV Fleet & Infrastructure News. [Электронный ресурс] URL: <https://chargedevs.com/newswire/corri-door-project-to-install-200-dc-fast-charging-points-in-france-by-december/>

269. Could EVs Solve the UK's Noise Pollution Problem // Vehicle Contracts. [Электронный ресурс] URL: <https://www.vehiclecontracts.co.uk/blog/could-evs-solve-the-uks-noise-pollution-problem/>
270. Cui H. Subsidy fraud leads to reforms for China's EV market // ICCT. [Электронный ресурс] URL: <https://theicct.org/subsidy-fraud-leads-to-reforms-for-chinas-ev-market/>
271. Curbside Level 2 Electric Vehicle Charging // Seattle City Light. [Электронный ресурс] URL: <https://www.seattle.gov/city-light/in-the-community/current-projects/curbside-level-2-ev-charging>
272. Data Review: How many people die from air pollution? // Our World in Data. [Электронный ресурс] URL: <https://ourworldindata.org/data-review-air-pollution-deaths>
273. Decarbonising the Transport Sector with Renewables Requires Urgent Action // REN21. [Электронный ресурс] URL: <https://www.ren21.net/decarbonise-transport-sector-2020/>
274. Electric and hybrid cars: new rules on noise emitting to protect vulnerable road users // European Commission. [Электронный ресурс] URL: https://single-market-economy.ec.europa.eu/news/electric-and-hybrid-cars-new-rules-noise-emitting-protect-vulnerable-road-users-2019-07-03_en
275. Electric Vehicle Home Charger Grant // Sustainable energy authority of Ireland. [Электронный ресурс] URL: <https://www.seai.ie/grants/electric-vehicle-grants/electric-vehicle-home-charger-grant/>
276. Emissions of air pollutants from transport // European Environment Agency. [Электронный ресурс] URL: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/transport-emissions-of-air-pollutants-8/transport-emissions-of-air-pollutants-8>
277. Energy consumption in transport in IEA countries // IEA. [Электронный ресурс] URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/energy-consumption-in-transport-in-iea-countries-2018>
278. EU Carbon Permits // Trading Economics. [Электронный ресурс] URL: <https://tradingeconomics.com/commodity/carbon>
279. Euro to US Dollar Spot Exchange Rates for 2016 // Exchange Rates UK. [Электронный ресурс] URL: <https://www.exchangerates.org.uk/EUR-USD-spot-exchange-rates-history-2016.html>
280. EV charging stations at all government buildings in Delhi // Hindustan Times. [Электронный ресурс] URL: <https://www.hindustantimes.com/cities/delhi-news/ev-charging-stations-at-all-government-buildings-in-delhi-101644446405149.html>
281. FCEVS // Hydrogen Mobility Europe. [Электронный ресурс] URL: <https://h2me.eu/about/fcevs/>
282. FEATURE: Battery makers slash cobalt intensity in face of accelerating demand // S&P Global. [Электронный ресурс] URL: <https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/market-insights/latest-news/metals/082922-feature-battery-makers-slash-cobalt-intensity-in-face-of-accelerating-demand>
283. Five things you know about electric vehicles that aren't exactly true // ICCT. [Электронный ресурс] URL: <https://theicct.org/stack/explaining-evs/>
284. France reduces electric vehicle subsidies // electrive.com. [Электронный ресурс] URL: <https://www.electrive.com/2023/01/10/france-reduces-electric-vehicle-subsidies>
285. GDP per capita growth (annual %) // The World Bank. [Электронный ресурс] URL: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.KD.ZG>
286. GDP per capita, PPP (current international \$) // The World Bank. [Электронный ресурс] URL: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.PP.CD>
287. Global electric car stock, 2010-2021 // IEA. [Электронный ресурс] URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-electric-car-stock-2010-2021>
288. Global EV Data Explorer // IEA. [Электронный ресурс] URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/global-ev-data-explorer>

289. Global Low-Carbon Energy Technology Investment Surges Past \$1 Trillion for the First Time // BloombergNEF. [Электронный ресурс] URL: <https://about.bnef.com/blog/global-low-carbon-energy-technology-investment-surges-past-1-trillion-for-the-first-time/>
290. Government pulls plug on its remaining UK electric car subsidies // The Guardian. [Электронный ресурс] URL: <https://www.theguardian.com/business/2022/jun/14/government-pulls-plug-on-its-remaining-uk-electric-car-subsidies>
291. Government scraps the plug-in car grant // cinch. [Электронный ресурс] URL: <https://www.cinch.co.uk/news/government-scraps-the-plug-in-car-grant>
292. Grants for electric cars in France // eplaque. fr. [Электронный ресурс] URL: <https://www.eplaque.fr/en/grants-electric-vehicles-france>
293. Greenhouse Gas Emissions from Electric and Plug-In Hybrid Vehicles. Beyond Tailpipe Emissions Calculator // U.S. Department of Energy. [Электронный ресурс] URL: <https://www.fueleconomy.gov/feg/Find.do?action=bt2>
294. GREET Tools: WTW Calculator // Argonne National Laboratory. [Электронный ресурс] URL: <https://greet.es.anl.gov/results>
295. Hosek E., Yiu A. An Urgent Call for Radical Transport Climate Action to Accelerate Implementation of Sustainable Development Goal 13 // SLOCAT Partnership. [Электронный ресурс] URL: <https://slocat.net/an-urgent-call-for-radical-transport-climate-action-to-accelerate-implementation-of-sdg-13/>
296. How clean are electric cars? // Transport & Environment. [Электронный ресурс] URL: <https://www.transportenvironment.org/discover/how-clean-are-electric-cars/>
297. How Did Shenzhen, China Build World's Largest Electric Bus Fleet? // World Resources Institute. [Электронный ресурс] URL: <https://wri.org.cn/en/insights/how-did-shenzhen-china-build-worlds-largest-electric-bus-fleet>
298. How long does electric vehicle (EV) charging take? // FleetNews. [Электронный ресурс] URL: <https://www.fleetnews.co.uk/fleet-faq/how-long-does-electric-vehicle-ev-charging-take>
299. How many electric cars are in London? // Jerry. [Электронный ресурс] URL: <https://getjerry.com/questions/how-many-electric-cars-are-in-london>
300. How many electric cars are in Los Angeles? // Jerry. [Электронный ресурс] URL: <https://getjerry.com/questions/how-many-electric-cars-are-there-in-los-angeles>
301. How to get 4 (almost free) EV chargers for your condo or apartment building // Electric Avenue. [Электронный ресурс] URL: <https://goelectricave.com/blogs/news/how-to-get-ev-chargers-for-your-condo-or-apartment-building>
302. How To Get An EV Subsidy In France. [Электронный ресурс] URL: <https://blog.wallbox.com/france-ev-incentives/>
303. Howell B. How long do electric car batteries last? // The ecoexperts. [Электронный ресурс] URL: <https://www.theecoexperts.co.uk/electric-vehicles/battery-life>
304. Huifeng H. Shenzhen offers new incentives to boost switch to electric taxis // South China Morning Post. [Электронный ресурс] URL: <https://www.scmp.com/tech/innovation/article/1775381/shenzhen-offers-new-incentives-boost-switch-electric-taxis>
305. Incentives for buying an electric car in France: how do they work? // Renault Group. [Электронный ресурс] URL: <https://www.renaultgroup.com/en/news-on-air/news/incentives-for-buying-an-electric-car-in-france-how-do-they-work/>
306. Inflation Calculator. [Электронный ресурс] URL: <https://www.in2013dollars.com/>
307. Internalisation of transport external costs // European Commission. [Электронный ресурс] URL: https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/sustainable-transport/internalisation-transport-external-costs_en

308. ITF Transport Outlook 2019 (Summary in English) // OECD. [Электронный ресурс] URL: <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/c013afc7-en/index.html?itemId=/content/component/c013afc7-en>
309. Iversen N. Tax And Fees On Electric Vehicles In Norway Explained: Are They Really Tax Free? // The Norway Guide. [Электронный ресурс] URL: <https://thenorwayguide.com/tax-and-fees-on-electric-vehicles/>
310. Kinch D. Chinese dominance of DRC mining sector increases economic dependence: Mines Chamber // S&P Global. [Электронный ресурс] URL: <https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/market-insights/latest-news/metals/120120-chinese-dominance-of-drc-mining-sector-increases-economic-dependence-mines-chamber>
311. Klesty V. Tesla in pole position in Norway's race to EV goal // Reuters. [Электронный ресурс] URL: <https://www.reuters.com/business/autos-transportation/hitting-record-electric-cars-sales-norway-near-80-2022-2023-01-02/>
312. Kultgen M. Driving beyond cobalt for EV battery technology // Analog Devices. [Электронный ресурс] URL: <https://www.analog.com/en/signals/articles/ev-battery-technology.html>
313. Leading the charge: How Shenzhen transformed its public transport network // Meet Hydrogen. [Электронный ресурс] URL: <https://meethydrogen.com/resource/leading-the-charge-how-shenzhen-transformed-its-public-transport-network>
314. Lithium-ion Battery Pack Prices Rise for First Time to an Average of \$151/kWh // BloombergNEF. [Электронный ресурс] URL: <https://about.bnef.com/blog/lithium-ion-battery-pack-prices-rise-for-first-time-to-an-average-of-151-kwh/>
315. Lithium-ion Battery Recycling: Benefits and Risks Analyzed. [Электронный ресурс] URL: <https://www.cirbasolutions.com/news/lithium-ion-battery-recycling-benefits-and-risks-analyzed/>
316. Market share of electric cars (BEV and PHEV) in Norway from 2009 to 2021 // Statista. [Электронный ресурс] URL: <https://www.statista.com/statistics/1029909/market-share-of-electric-cars-in-norway/>
317. McLane R., Liu Q. What China can teach the US about EV fast-charging rollouts // GreenBiz. [Электронный ресурс] URL: <https://www.greenbiz.com/article/what-china-can-teach-us-about-ev-fast-charging-rollouts>
318. Model Year 2021 All-Electric Vehicles Had a Median Driving Range about 60% That of Gasoline Powered Vehicles // Office of energy efficiency and renewable energy. [Электронный ресурс] URL: <https://www.energy.gov/eere/vehicles/articles/fotw-1221-january-17-2022-model-year-2021-all-electric-vehicles-had-median>
319. New York Clean Transportation Prizes // NYSEERDA. [Электронный ресурс] URL: <https://www.nyserda.ny.gov/All-Programs/New-York-Clean-Transportation-Prizes>
320. Nitrogen oxides, NOx // EEA. [Электронный ресурс] URL: <https://www.eea.europa.eu/help/glossary/eper-chemicals-glossary/nitrogen-oxides-nox>
321. Noise (Impact) // World Health Organization. [Электронный ресурс] URL: https://www.who.int/europe/health-topics/noise#tab=tab_2
322. Norway is starting to have more electric cars than it can handle // Quartz. [Электронный ресурс] URL: <https://qz.com/159595/norway-electric-cars>
323. Norway's electric-car incentives were so good they had to be stopped // Quartz. [Электронный ресурс] URL: <https://qz.com/400277/norway-electric-car-incentives-were-so-good-they-had-to-be-stopped>
324. Norwegian EV policy // Norsk elbilforening. [Электронный ресурс] URL: <https://elbil.no/english/norwegian-ev-policy/>
325. Paris Declaration on Electro-Mobility and Climate Change & Call to Action // UNFCCC [Электронный ресурс] URL: <https://unfccc.int/media/521376/paris-electro-mobility-declaration.pdf>

326. Parking Oslo - Cheap Car Parking Spots - Free Advice // Car Parking Europe. [Электронный ресурс] URL: <https://www.car-parking.eu/norway/oslo>
327. Population, total // The World Bank. [Электронный ресурс] URL: <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL>
328. Power Profiler // U.S. Environmental Protection Agency. [Электронный ресурс] URL: <https://www.epa.gov/egrid/power-profiler#/ERCT>
329. Public parking in Copenhagen // City of Copenhagen. [Электронный ресурс] URL: <https://international.kk.dk/live/transport-and-parking/parking-in-copenhagen/public-parking-in-copenhagen>
330. Purchasing power parities (PPP) // OECD Data. [Электронный ресурс] URL: <https://data.oecd.org/conversion/purchasing-power-parities-ppp.htm>
331. Ruffo G.H. EVs Are Still 45% More Expensive To Make Than Combustion-Engined Cars // InsideEVs. [Электронный ресурс] URL: <https://insideevs.com/news/444542/evs-45-percent-more-expensive-make-ice/>
332. Russia // IEA. [Электронный ресурс] URL: <https://www.iea.org/countries/russia>
333. Silent Cars and AVAS – Questions and Answers // EBU. [Электронный ресурс] URL: <https://www.euroblind.org/silent-cars-and-avas-questions-and-answers>
334. SLOCAT. Global Transport and Climate Change. [Электронный ресурс] URL: <https://tcc-gsr.com/global-overview/global-transport-and-climate-change/>
335. Stern N., Stiglitz J.E. Getting the Social Cost of Carbon Right // Project Syndicate. [Электронный ресурс] URL: <https://www.project-syndicate.org/commentary/biden-administration-climate-change-higher-carbon-price-by-nicholas-stern-and-joseph-e-stiglitz-2021-02>
336. Sulphur oxides (SOx) // EEA. [Электронный ресурс] URL: <https://www.eea.europa.eu/help/glossary/eper-chemicals-glossary/sulphur-oxides-sox>
337. The CO₂ Tax // Platine Motors. [Электронный ресурс] URL: <https://www.platinemotors.com/en/le-malus-%C3%A9cologique>
338. The future of ride-hailing in China's Silicon Valley is electrifying // Quartz. [Электронный ресурс] URL: <https://qz.com/1299756/soon-all-ride-hailing-taxis-in-chinas-silicon-valley-will-be-electric-by-government-mandate>
339. Transport // IEA. [Электронный ресурс] URL: <https://www.iea.org/energy-system/transport>
340. Transport sector CO₂ emissions by mode in the Sustainable Development Scenario, 2000-2030 // IEA. [Электронный ресурс] URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/transport-sector-co2-emissions-by-mode-in-the-sustainable-development-scenario-2000-2030>
341. Trends in charging infrastructure // IEA. [Электронный ресурс] URL: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2022/trends-in-charging-infrastructure>
342. Triple E Register for Products // Sustainable energy authority of Ireland. [Электронный ресурс] URL: <https://www.seai.ie/business-and-public-sector/triple-e-register-for-products/>
343. Understanding Global Warming Potentials // EPA. [Электронный ресурс] URL: <https://www.epa.gov/ghgemissions/understanding-global-warming-potentials>
344. United States: California: Light-Duty ZEV Emission Standard // Emission Standards. [Электронный ресурс] URL: https://dieselnet.com/standards/us/ca_zev.php
345. Up to €25,000 for taxi drivers to buy Electric Vehicles // gov.ie. [Электронный ресурс] URL: <https://www.gov.ie/en/press-release/f1623-up-to-25000-for-taxi-drivers-to-buy-electric-vehicles/#>
346. Wappelhorst S. Germany's vehicle tax system: small steps towards future-proof incentives for low-emission vehicles // ICCT. [Электронный ресурс] URL: <https://theicct.org/germanys-vehicle-tax-system-small-steps-towards-future-proof-incentives-for-low-emission-vehicles/>
347. We're mapping EV charging stations in cities across the world. How do they compare? // here. [Электронный ресурс] URL: <https://www.here.com/learn/blog/ev-charging-infrastructure-worldwide>

348. What Happens to China's EV Market After Billions of Yuan Stop Coming in? // Sixth Tone. [Электронный ресурс] URL: <https://www.sixthtone.com/news/1012221>
349. What is an EVSE? // driivz. [Электронный ресурс] URL: <https://driivz.com/glossary/electric-vehicle-supply-equipment-evse/>
350. What is the best EV charging station for the workplace? // EVBox. [Электронный ресурс] URL: <https://blog.evbox.com/best-ev-charger-workplace>
351. What was the UK plug-in car grant? // Auto Express. [Электронный ресурс] URL: <https://www.autoexpress.co.uk/tips-advice/94376/what-uk-plug-car-grant>
352. What's the difference between AC, DC, and ultra-fast charging // JOLT. [Электронный ресурс] URL: <https://jolt.energy/whats-the-difference-between-ac-dc-and-ultra-fast-charging/>
353. Who may use the public transport lane // Statens vegvesen. [Электронный ресурс] URL: <https://www.vegvesen.no/en/traffic-information/along-the-road/norwegian-traffic-rules/the-public-transport-lane/>
354. Workplace Charging Scheme: guidance for applicants // gov.uk. [Электронный ресурс] URL: <https://www.gov.uk/guidance/workplace-charging-scheme-guidance-for-applicants>
355. Yang Z. Practical lessons in vehicle efficiency policy: the 10-year evolution of France's CO₂-based bonus-malus (feebate) system // ICCT. [Электронный ресурс] URL: <https://theicct.org/practical-lessons-in-vehicle-efficiency-policy-the-10-year-evolution-of-frances-co2-based-bonus-malus-feebate-system/>

Приложение 1. Виды электромобилей и их ключевые характеристики

Вид	Описание
<p>Полностью электрический автомобиль/аккумуляторный электромобиль (Battery Electric Vehicle, BEV)</p>	<p>У BEV отсутствует двигатель внутреннего сгорания (ДВС), машина оснащена мощным электродвигателем и аккумулятором и работает исключительно на электрической энергии. Медианный запас хода составляет 234 мили (~ 377 км), в то время как у бензинового автомобиля – 403 мили (~ 649 км). В 2022 г. появились модели BEV, запас хода которых превышает 500 миль (805 км). BEV характеризуется сравнительно меньшим количеством деталей и, соответственно, более низкими затратами на техобслуживание.</p>
<p>Подключаемый/подзаряжаемый гибридный электромобиль (Plug-In Hybrid Electric Vehicle, PHEV)</p>	<p>PHEV оснащен и ДВС, и электродвигателем, получающим энергию от аккумуляторной батареи, которую можно заряжать от электросети. Это делает возможным движение автомобиля только за счет электричества. Большинство PHEV могут проезжать 30–60 км исключительно на электротяге, у некоторых моделей эта величина достигает 80 км.</p>
<p>Гибридный электромобиль (Hybrid Electric Vehicle, HEV)</p>	<p>Как и PHEV, HEV оснащен и ДВС, и электродвигателем. Отличие состоит в том, что в HEV установлен аккумулятор меньшего размера, который накапливает некоторое количество энергии при торможении и в процессе работы ДВС, но не может заряжаться от внешнего источника питания. HEV на чистой электрической тяге могут преодолевать расстояние в 2–3 км.</p>
<p>Электромобиль на водородных топливных элементах (Full Cell Electric Vehicles, FCEV)</p>	<p>FCEV используют электроэнергию, которая вырабатывается в топливном элементе в результате химической реакции водорода и кислорода. В выхлопе FCEV содержится только водяной пар. Запас хода на одной заправке составляет от 385 до 700 км.</p>

<p>Электромобиль с увеличенным запасом хода (Extended-range Electric Vehicle, ER-EV)</p>	<p>ER-EV схож с BEV, однако дополнительно оснащен ДВС, который может заряжать аккумулятор, если потребуется. В отличие от гибридных автомобилей, ДВС в данном случае не связан с колесами и используется исключительно для зарядки.</p>
--	---

Источник: составлено автором по: Куданова А.И., Яковлева Е.Ю. Экологизация автомобильного транспорта: преимущества и сложности перехода на альтернативные автомобили // Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика. – 2021. – Т. 21. – № 2. – С. 176–198; Синяк Ю.В. Проблемы конкурентоспособности новых технологий в легковом автотранспорте (ДВС-Электромобиль-Водородный автомобиль с топливным элементом). – ИИП РАН, 2019. – 74 с.; Sanguesa J.A. et al. A Review on Electric Vehicles: Technologies and Challenges // Smart Cities, MDPI. – 2021. – Vol. 4. – № 1. – Pp. 372–404; Model Year 2021 All-Electric Vehicles Had a Median Driving Range about 60% That of Gasoline Powered Vehicles // Office of energy efficiency and renewable energy. [Электронный ресурс] URL: <https://www.energy.gov/eere/vehicles/articles/fotw-1221-january-17-2022-model-year-2021-all-electric-vehicles-had-median> (дата обращения: 26.01.2022); Plötz P. et al. Real-world usage of plug-in hybrid electric vehicles: fuel consumption, electric driving, and CO₂ emissions. – ICCT, 2020. – 50 p.; FCEVS // Hydrogen Mobility Europe. [Электронный ресурс] URL: <https://h2me.eu/about/fcevs/> (дата обращения: 26.01.2022)

Приложение 2. Экстернальные издержки, связанные с выбросами загрязняющих воздух веществ от автотранспорта (оригинальные и переведенные в доллары в ценах 2016 г. значения)

Издержки, связанные с прямыми выбросами автомобилей с ДВС		Издержки, связанные с выбросами твердых частиц РМ невыхлопного происхождения	Загрязнители	Издержки, связанные с косвенными выбросами электромобилей
Город (нижняя оценка)	Город (верхняя оценка)			
1,4 евро/100 км (1,55 долл./100 км)	2,04 евро/100 км (2,26 долл./100 км)	22,3 евро/кг (24,68 долл./кг)	NM VOC	1,2 евро/кг (1,33 долл./кг)
			NO _x	10,9 евро/кг (12,06 долл./кг)
			SO ₂	10,9 евро/кг (12,06 долл./кг)
			PM _{2.5}	6,53 долл./кг (в ценах 1991 г.)

				14,63 долл./кг (в ценах 2016 г.)
			PM10	0,63 долл./кг (в ценах 1991 г.) 1,41 долл./кг (в ценах 2016 г.)
			CO	0,055 долл./кг (в ценах 1991 г.) 0,12 долл./кг (в ценах 2016 г.)

Примечание: средний курс евро к доллару в 2016 г.: 1 евро=1,1068 долл.; экстеральные издержки, связанные с косвенными выбросами CO и твердых частиц (PM10, PM2.5) переведены в цены 2016 г. с учетом изменений в ИПЦ и росте реального ВВП на душу населения в США.

Источник: составлено автором по Handbook on the external costs of transport: version 2019 – 1.1 / Н. van Essen, L. van Wijngaarden, A. Schroten et al. – Publication Office of the EU, 2020. – P. 125; Internalisation of transport external costs // European Commission. [Электронный ресурс] URL: https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/sustainable-transport/internalisation-transport-external-costs_en (дата обращения: 27.12.2022); Delucchi M.A. Environmental Externalities of Motor-Vehicle Use in the US // Journal of Transport Economics and Policy. – 2000. – Vol. 34. – № 2. – P. 143.

Приложение 3. Технические характеристики Evolute i-Pro и Lada Vesta Sport

Модель	Кузов	Снаряженная масса	Объем багажного отделения	Мощность двигателя	Расход электроэнергии/топлива на 100 км	Разгон до 100 км/ч
Evolute i-Pro	Седан	1 577 кг	502 л	110 кВт (150 л.с.)	12,62 кВт-ч	9,5 с.
Lada Vesta Sport	Седан	1 322 кг	480 л	106,6 кВт (145 л.с.)	7,9 л	9,6 с.

Источник: Официальный сайт Evolute. [Электронный ресурс] URL: <https://www.evolute.ru/> (дата обращения: 15.02.2023); Официальный сайт Lada Vesta Sport. [Электронный ресурс] URL: <https://www.yahroma-lada.ru/ds/cars/vesta/sport/prices.html> (дата обращения: 15.02.2023)

Приложение 4. Показатели базовой модели ТСО электрического и бензинового автомобилей «Москвич 3е» и «Москвич 3»

Показатель	Значение	
	«Москвич 3е»	«Москвич 3»
Год покупки	2023	
Срок владения	5 лет	
Среднегодовой пробег	18,7 тыс. км	
Ставка дисконтирования	5%	
Рекомендованная розничная цена	3,558 млн руб.	1,992 млн руб.
Покупка и установка зарядной станции для дома	174,5 тыс. руб.	–
Затраты на электроэнергию (ночной тариф на э/э в Москве: 2,62 руб./кВт-ч; расход э/э: 25 кВт-ч/100 км)	12,3 тыс. руб./год	–
Затраты на бензин (средняя за первые пять месяцев 2023 г. цена на бензин АИ-95 в Москве: 52,6 руб./л; расход бензина: 6,5 л/100 км)	–	63,9 тыс. руб./год
Расходы на техобслуживание	22,9 тыс. руб./год	31,3 тыс. руб./год
Цена перепродажи	1,68 млн руб.	1,15 млн руб.

Источник: рассчитано и составлено автором по: Официальный сайт автомобильного завода «Москвич» [Электронный ресурс] URL: <https://moskvich-auto.ru/> (дата обращения: 05.06.2023); Аньков В. Среднегодовой пробег автомобилей в России за 3 года вырос на 2,7 тыс. км – эксперты // Интерфакс. [Электронный ресурс] URL: <https://www.interfax-russia.ru/far-east/news/srednegodovoy-probeg-avtomobiley-v-rossii-za-3-goda-vyros-na-2-7-tys-km-eksperty> (дата обращения: 05.10.2022); Москвич-3е: цифровая приборка, расход 25,0 кВт*ч/100 км, батарея от «Росатома», новая платформа [Электронный ресурс] URL: <https://news.drom.ru/93071.html> (дата обращения: 18.02.2023); Гращенкова В. Сколько стоит зарядная станция для электромобиля // Тинькофф Журнал. [Электронный ресурс] URL: <https://journal.tinkoff.ru/zaryadnaya-stanciya/> (дата обращения: 15.02.2023); Цены на бензин и карта АЗС России // Benzin-price. [Электронный ресурс] URL: <https://www.benzin->

price.ru/?utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F (дата обращения: 03.06.2023); Тарифы Москва // Официальный сайт Мосэнергосбыта. [Электронный ресурс] URL: <https://www.mosenergosbyt.ru/individuals/tariffs-n-payments/tariffs-msk/> (дата обращения: 03.06.2023); Калькулятор оценки стоимости владения автомобилем // «Цена Авто». [Электронный ресурс] URL: <https://cena-auto.ru/calculator/tco/> (дата обращения: 15.02.2023); Schloter L. Empirical analysis of the depreciation of electric vehicles compared to gasoline vehicles // Transport Policy. – 2022. – Vol. 126. – Pp. 268–279; Кривая бескупонной доходности государственных облигаций // Банк России. [Электронный ресурс] URL: https://www.cbr.ru/hd_base/zcyc_params/zcyc/ (дата обращения: 20.02.2023); Основные направления единой государственной денежно-кредитной политики на 2023 год и период 2024 и 2025 годов // Банк России. [Электронный ресурс] URL: https://www.cbr.ru/about_br/publ/ondkp/ (дата обращения: 20.02.2023)