

Налогообложение как фактор стоимости владения экологичным автомобилем

Батаев Владислав Валериевич

По мнению Mendez C и соавторов научной статьи «Водородная мобильность для Катара: сравнение традиционных транспортных средств, электрических транспортных средств и транспортных средств на водородных топливных элементах с использованием анализа затрат на жизненный цикл» на автомобильном транспорте Катара преобладают частные автомобили, что наносит значительный ущерб окружающей среде. Стремясь противостоять этому, страна нацелена на повышение уровня электрификации государственного и частного транспорта. Тем не менее, из-за связанных с этим выбросов, зависимость от электростанций на углеводородной основе для удовлетворения указанного спроса на электроэнергию остается проблемой. Таким образом, в настоящем исследовании анализируется потенциальная возможность использования транспортных средств на водородных топливных элементах (ТПЭ). Для этого данная технология сравнивается с обычными и электрическими автомобилями с использованием подхода стоимости жизненного цикла (LCC), который учитывает экономические и экологические аспекты. В последнем случае данные о парниковых газах, регулируемых выбросах и потреблении энергии на транспорте корректируются в соответствии с условиями Катара, что позволяет получить выбросы, связанные с каждой технологией. Эти значения объединяются с экономическими параметрами в Python, что позволяет получить стоимость за пройденный километр. При сравнительном анализе HFCV являются наименее жизнеспособным вариантом, который со временем постоянно сокращает свое отставание от других технологий. Кроме того, для количественной оценки политических инструментов, направленных на влияние на внедрение HFCV, было смоделировано и сравнено более 600 сценариев, учитывающих различные методы производства топлива, стимулы, связанные с HFCV, а также специфические технологии и экологические налоги. В результате, при

рассмотрении комбинации наиболее агрессивного подхода к стимулированию закупочной цены (20%) и субсидирования водорода (80%), LCC в HFCVs был преобразован в самую низкую из проанализированных технологий. Более того, благодаря ограничению использования двигателей внутреннего сгорания с помощью 40%-ного и 30%-ного налогов на покупку и выбросы, электромобили стали более доступными с первого года эксплуатации, в то время как LCC от HFCV на десять лет опережает автомобили с двигателем внутреннего сгорания по сравнению со сценарием, не облагаемым налогом [29].

В научной статье Mendez С. и соавторов «Водородные транспортные средства для Катара: оптимизация стимулов с помощью анализа затрат на жизненный цикл» проводится сравнение стоимости жизненного цикла (LCC) автомобилей на бензине, электричестве и водородных топливных элементах (HFCV) и оптимизируются инструменты политики для сокращения разрыва между HFCV и другими технологиями в контексте Катара. Первоначально, базовый уровень дает 8%-ную разницу между HFCV и электромобилями с аккумуляторными батареями (BEV) LCC и 17%-ный разрыв между последними и автомобилями с двигателями внутреннего сгорания (ICEV). После этого устанавливаются экологический налог, налог на покупку бензиновых транспортных средств, субсидия на водородное топливо и стимул к покупке HFCV. Результаты показывают, что введение налогов увеличивает LCC ICEVs на 20,15%, в то время как HFCVs пользуется льготами, снижая свой LCC на 25%. Наконец, для устранения разрыва между HFCVs и ICEVs требуется субсидия на топливо в размере 80% в сочетании с 18,8%-ным стимулом к покупке; в то время как для преодоления разрыва между HFCV и BEV необходим 9%-ный стимул к покупке. Кроме того, для обеспечения возможности внедрения HFCV необходимость в инструментах политики со временем снижается и становится ненужной по истечении 24 лет [30].

Chen S. и соавторы научной статьи «Совместная оптимизация энергетических, водородных и транспортных сетей с помощью обучения»

считают, что постепенная замена бензиновых транспортных средств электромобилями (EVS) и автомобилями на водородных топливных элементах (HFCV) в последние годы все больше стимулирует совместную оптимизацию сети распределения электроэнергии (PDN), сети городского транспорта (UTN) и сети распределения водорода (HDN). Однако еще предстоит разработать соответствующую систему совместной оптимизации, которая учитывала бы распространенные проблемы конфиденциальности, и набрать достаточное количество системных операторов, способных компетентно управлять всеми тремя сетями. В этом исследовании предлагается дифференцированный механизм налогообложения и субсидирования для UTN, использующий плату за проезд в пробках и субсидии для управления независимым транспортным потоком электромобилей и HFCV. Интегрированная модель оптимизации для этой сети транспортировки электроэнергии и водорода основана на рассмотрении этих транспортных средств и электролизного оборудования как соединительных мостов. Затем мы разрабатываем подход к разделению с помощью обучения для определения значений переменных связи, действующих между тремя сетями, чтобы обеспечить экономическую целесообразность совместной оптимизации. Такой подход эффективно разъединяет сеть, позволяя ей работать и оптимизироваться независимо друг от друга. Результаты численного моделирования связанной системы, состоящей из 33-узловой энергосистемы стандарта IEEE, 13-узловой транспортной сети Нгуена-Дюпюи и 20-узловой сети HDN, демонстрируют, что предлагаемый подход, основанный на обучении, обеспечивает почти эквивалентные результаты диспетчеризации, полученные при прямом решении физических моделей связанной сети. системы, при этом значительно повышается эффективность вычислений [6].

Mann R. F. посвящает научную статью «Стимулирующие преобразования: Налоговые стратегии для электрификации транспорта малой грузоподъемности» развитию налоговой политики США в отношении электромобилей. Налогообложение является необходимым компонентом

стратегий по более широкому внедрению электромобильных технологий. В США налогообложение поддерживает энергетическую политику США, направленную на более широкое использование электромобилей. Недавние налоговые изменения продолжают эту поддержку, но переход на электромобили по-прежнему сопряжен с трудностями. Сначала в статье будет рассказано, почему малотоннажный транспорт в США должен быть преобразован для достижения климатических целей. Далее в статье будут рассмотрены налоговые льготы для производства энергии, которые неразрывно связаны с выбросами углекислого газа при использовании электрифицированного транспорта. Следующий раздел посвящен налоговой политике в отношении экологически чистых транспортных средств, в котором освещается изменение налоговой политики после принятия Закона о снижении инфляции (IRA) в августе 2022 года. Затем в статье будут рассмотрены сохраняющиеся проблемы и способы их решения, в том числе некоторые европейские стратегии поощрения электромобилей, которые увенчались значительным успехом. Наконец, признавая, что структура европейской налоговой политики существенно отличается от налоговой политики США, в статье будут рассмотрены некоторые меры политики, которые в большей степени соответствуют действующему налоговому законодательству США и которые могут иметь потенциал для увеличения использования EV [27].

По мнению Pfaffenbichler P. и соавторов научной статьи «Моделирование влияния налоговых льгот для подключаемых электромобилей в Норвегии» на протяжении многих лет Норвегия была в авангарде продвижения электромобилей. Сегодня Норвегия располагает самым большим в мире парком подключаемых электромобилей на душу населения. В 2021 году 1,6% автомобилей в автопарке ЕС были электромобилями с подключаемым модулем, в то время как в Норвегии их доля составляла 21%. Отчасти успешное освоение рынка объясняется широким спектром налоговых льгот. Увеличение числа подключаемых электромобилей приводит к снижению налоговых поступлений, что делает

льготы неприемлемыми. Норвегия поставила перед собой амбициозную цель - с 2025 года все вновь регистрируемые автомобили должны быть транспортными средствами с нулевым уровнем выбросов. Сохранение налоговых льгот может иметь решающее значение для достижения этой цели. Цель данного документа - предоставить информацию для решения этой дилеммы. Были определены пути сокращения налоговых льгот и их отмены, которые обеспечивают компромисс между минимальным воздействием на разработку транспортных средств с нулевым уровнем выбросов и налоговыми поступлениями. Для моделирования и оценки различных сценариев была использована обновленная и перекалиброванная версия модели движения запасов SERAPIS. Результаты показывают, что поэтапное введение контролируемого налога позволяет Норвегии достичь своих экологических целей по 100-процентному снижению выбросов вредных веществ в атмосферу автомобилями к 2025 году и 55-процентному снижению выбросов CO₂ в 2030 году по сравнению с 2005 годом, одновременно значительно увеличивая государственные доходы [39].

Nakamoto Y. и соавторы научной статьи «Стратегическая дорожная карта по оптимизации сокращения выбросов транспортных средств и электрификации» считают, что благодаря политической поддержке электромобили на аккумуляторных батареях (BEV) становятся все более популярными во многих странах и экономиках. Для обеспечения того, чтобы электрификация транспортных средств способствовала сокращению выбросов, правительствам следует разработать соответствующие планы перехода, учитывающие выбросы CO₂ в течение жизненного цикла этих транспортных средств. В данном исследовании преследуется стремление разработать ориентированную на сокращение выбросов траекторию перехода к электрификации транспортных средств с использованием оптимизации жизненного цикла. С помощью тематического исследования, ориентированного на Японию, охватывающего период с 2005 по 2055 год, определен оптимальный выбор типа топлива для владельцев автомобилей,

подчеркнув потенциал внедрения BEV в 2030-х годах, на десятилетие раньше базового уровня, если удастся добиться более значительного сокращения выбросов. Директивным органам рекомендуется способствовать постепенному переходу к гибридным автомобилям и подключаемым к сети гибридным автомобилям, которые изначально превосходят BEV по выбросам, до тех пор, пока в автомобильном секторе не будет достигнут устойчивый уровень сокращения выбросов CO₂ в течение жизненного цикла. Это исследование вносит свой вклад в обсуждение, предлагая стратегическую дорожную карту для максимального сокращения выбросов за счет целенаправленной электрификации транспортных средств, что делает его актуальным и информативным как для политиков, так и для заинтересованных сторон. Полученные результаты подчеркивают важнейшую роль целенаправленных политических мер в организации устойчивого и эффективного перехода к транспортной парадигме с низким уровнем выбросов [34].

По мнению автора научной статьи «Эффективная налогово-бюджетная политика для перехода на электромобили (EV) в Швеции» Nelson Edberg M. для Швеции ускоренный переход на электромобили (EV) способствовал бы достижению целей устойчивого развития по достижению чистого нулевого уровня выбросов к 2045 году. Таким образом, внедрение электромобилей должно стать основной частью новой стратегии электрификации, разрабатываемой правительством. Это также следует учитывать при проведении исследований и транспортном планировании, поскольку это затрагивает всю транспортную систему. Хотя для достижения успеха необходимо внедрить налоговую стратегию, которая заставит потребителей выбирать между покупкой/использованием электромобилей BEV, а не ICEV, результаты этого исследования показывают, что, основываясь на отношении общественности к климату и транспорту в Швеции, нет прямой корреляции с продажами электромобилей, хотя могут быть косвенные корреляции. Наиболее правдоподобным объяснением этого результата является то, что

быстрый рост продаж электромобилей обусловлен социальным статусом и льготами или символикой защиты окружающей среды. Еще одним результатом исследования является то, что рост продаж электромобилей тесно связан с доступностью инфраструктуры подзарядки. Сравнительные исследования, проведенные в Норвегии и других европейских странах, показывают, что сочетание налоговых инструментов, в основном основанных на инструментах повышения привлекательности электромобилей, должно быть успешным. Используя расчеты общей стоимости владения (ТСО), можно создать подходящее сочетание финансовых инструментов. Несмотря на то, что позитивное отношение к электромобилям важно, основным фактором спроса на электромобили будет выгодная общая стоимость владения, которая делает электромобили привлекательными с точки зрения цены и качества. Основными рекомендуемыми налогово-бюджетными инструментами являются: а) Налогово-бюджетная стратегия с сочетанием налоговых инструментов, которая обеспечивает выгодную совокупную стоимость владения для EVS по сравнению с ICEVS. Они могут включать субсидии на покупку и страхование, финансирование электромобиля и другие льготы, которые могут меняться с течением времени, б) Инвестиции в инфраструктуру подзарядки, как во внешних пунктах подзарядки, так и на “домашних” станциях подзарядки, для обеспечения хорошей доступности подзарядки и с) Структурированную информацию для общественности и образования о преимуществах электрификации транспортного сектора для изменения климата в целях формирования позитивного отношения к переходу к новой энергетической экономике [35].

Kraal D. совместно с соавторами научной статьи «Транспорт с нулевым уровнем выбросов: Налоговая поддержка электромобилей для бизнеса» пришли к мнению, что снижение выбросов автомобильного транспорта может принести огромную пользу местному и глобальному сообществам. В этой главе рассматриваются преимущества декарбонизации от увеличения количества автомобилей с нулевым уровнем выбросов в австралийских

автопарках бизнес-класса. В нем утверждается, что для обеспечения транспорта с нулевым уровнем выбросов необходима дополнительная налоговая поддержка в Австралии, с уделением особого внимания автомобилям с нулевым уровнем выбросов в коммерческих парках. Правительство Австралии определило сегмент легковых автомобилей как тот, который нуждается в сокращении выбросов CO₂ на национальном уровне. В этой главе приводится сравнение европейских налоговых льгот на автомобили. Опираясь на успех европейской политики, направленной на снижение выбросов автомобилей, в этой главе показано, что налоговые изменения в Австралии могут привести к сокращению выбросов CO₂ и повышению доступности для потребителей, что позволит осуществить "справедливый переход" к декарбонизации [23].

По мнению Möring-Martínez G. и соавторов научной статьи «Кластеризация рынков электромобилей Европейского союза: сценарный анализ до 2035 года» электромобили (EVS) играют решающую роль в продолжающемся переходе к автомобильному транспорту. Европейские правила, регулирующие выбросы парниковых газов, значительно увеличили количество новых регистраций электромобилей в большинстве стран Европейского союза. Чтобы смоделировать их будущее развитие в Европе, применяется подход иерархической кластеризации, который позволяет нам сгруппировать страны в 7 кластеров в зависимости от того, насколько они продвинулись в процессе перехода к регистрации новых легковых автомобилей с нулевым уровнем выбросов. Затем выбирается репрезентативные страны для каждого выявленного кластера. Используя эти репрезентативные страны, проводится сценарный анализ для каждого кластера, чтобы определить пути электрификации различных рынков легковых автомобилей в ЕС до 2035 года. Согласно нашему сценарию, кластеры новаторов имеют все возможности для достижения цели по нулевому выбросу углекислого газа в легковых автомобилях до 2035 года. Однако другие кластеры, представленные Польшей и Грецией, отстают даже

после 2030 года и могут столкнуться с трудностями при достижении целевого показателя в 2035 году [32].

В научной статье «Потребительская стоимость владения легковыми электромобилями в Индонезии» Mahalana A. и соавторы полагают, что рынок электромобилей (EV) в Индонезии все еще находится на ранней стадии своего развития, отчасти потому, что высокая стоимость электромобилей отпугивает потенциальных покупателей. Хотя цена покупки часто упоминается как ключевое препятствие на пути внедрения электромобилей, это лишь одна из многих статей расходов, которые потребители учитывают при покупке автомобиля. Понимание общей структуры затрат на владение электромобилями, известной как потребительская стоимость владения (ССО), может помочь найти решения для преодоления финансовых препятствий на пути внедрения электромобилей. В этом исследовании анализируется широкий спектр затрат на владение двумя сопоставимыми легковыми автомобилями: самой популярной по продажам моделью EV, Hyundai Kona EV, и аналогичной моделью ICE, Honda HR-V; оба относятся к категории SUV-Bs. Рассчитана стоимость автомобиля, включая различные налоги и расходы на топливо и электроэнергию, за 6 лет владения. Для расчета EV применены 3 различных сценария: (I) EV с налогом на роскошь и налогом на передачу, (II) EV без налога на роскошь и (III) EV без налога на роскошь и налога на передачу. Были сделаны основные выводы и рекомендации в части политических решений [26].

Martins H. и соавторы научной статьи «Оценка политических мер, направленных на стимулирование перехода на технологии электромобилей в Европейском союзе» указывают на то, что Европейский союз предпринимает шаги по постепенному сокращению своей зависимости от ископаемого топлива, а также по декарбонизации всей энергетической и автомобильной систем с целью достижения углеродной нейтральности к 2050 году. Таким образом, автомобильный транспорт играет фундаментальную роль в этом процессе. Транспортные средства с двигателями внутреннего сгорания (ДВС)

постепенно выводятся из эксплуатации по мере появления других систем трансмиссии по ряду причин, от выбросов парниковых газов (ПГ) до качества воздуха в городах. Чтобы изменить как технологический, так и потребительский ландшафт, правительства должны принимать меры посредством разработки политики. Электромобили (EV) предоставляют значительную возможность для решения этой проблемы, и поэтому текущая работа направлена на оценку политического вмешательства на национальном уровне в рамках ЕС в отношении перехода на электромобили. В этом исследовании используется метод TRI-nC ELECTRE (ELimination Et Choix Traduisant la REalite - Устранение и выбор, отражающий реальность) для классификации 27 государств - членов ЕС (MSS) с точки зрения их государственного управления с точки зрения продвижения технологий электромобилей. В целом, финансовые стимулы по-прежнему оказывают большое влияние на внедрение электромобилей, поскольку те страны, которые больше озабочены этой темой, как правило, лучше классифицированы, чем остальные. Наконец, инфраструктура зарядки также играет решающую роль, способствуя внедрению электромобилей или препятствуя их внедрению, что приводит к наихудшей классификации электромобилей с очень небольшим количеством точек зарядки на 100 тысяч городских жителей [28].

По мнению Qadir S. A. и соавторов научной статьи «Ориентируясь в сложных реалиях внедрения электромобилей: всестороннее изучение государственных стратегий, политики и стимулов» управление устойчивым транспортом в настоящее время является одним из наиболее важных аспектов развития страны или региона с экономической и социальной точек зрения, учитывая требования к нулевому выбросу вредных веществ. Использование электромобилей (EV) признано важным средством достижения глобальных целей по нулевому выбросу вредных веществ в атмосферу. Чтобы способствовать их широкому внедрению, необходимо решить проблемы, с которыми они сталкиваются. Эти проблемы делятся на несколько категорий: инфраструктура, внедрение, затраты, переход к использованию энергии,

осведомленность и проблемы, связанные с рынком. Для преодоления большинства из этих проблем необходимо внедрить надежную нормативно-правовую базу и политику стимулирования. Для быстрого и устойчивого роста внедрения электромобилей такая система должна включать налоговые и нефискальные стимулы, которые будут стимулировать массы людей переходить на электромобили. Основные выводы работы включают выявление нескольких препятствий, которые широко не обсуждались в литературе, подчеркивание необходимости нефискальных стимулов для внедрения электромобилей и представление всестороннего анализа различных стратегий стимулирования наряду с подробной структурой реализации. Рамочная программа внедрения обеспечивает направления исследований для ученых, инженеров, политиков и заинтересованных сторон отрасли в отношении дальнейшего совершенствования и усиления политических стимулов, способствующих широкому внедрению электромобилей [40].

В научной статье «Исследование о распространении электромобилей в Южной Африке» Oni O. E. и Longe O. M. заметили, что последнее время во всем мире наблюдается постепенный рост использования электромобилей. В основном это связано с необходимостью обезуглероживания транспортного сектора и смягчением проблем, связанных с изменением климата и истощением запасов нефти, из которых Южная Африка не является исключением. На самом деле, Южная Африка является страной с самыми высокими выбросами CO₂ в Африке и может сократить свой углеродный след, внедрив экологичную мобильность. По сравнению с рынком двигателей внутреннего сгорания (ДВС) рынок электромобилей (EV) в Южной Африке все еще находится на ранней стадии развития, с момента его появления в автомобильном секторе страны в 2013 году местное производство и использование были ограниченными. Таким образом, в данном исследовании было проанализировано использование электромобилей в Южной Африке, а также показатели внедрения и проблемы, с которыми они сталкиваются, чтобы привести более убедительные доводы, которые могли бы предложить

лучший путь для увеличения внедрения электромобилей в стране. Было обнаружено, что низкие темпы внедрения электромобилей обусловлены такими факторами, как закупка электромобилей, стоимость владения, запчасти для транспортных средств, вопросы безопасности, технология аккумуляторных батарей, налоги и импортные пошлины, снижение нагрузки и доступность зарядных станций. В этом документе также содержится информация о политике правительства, финансировании и других усилиях, которые могут способствовать внедрению электромобилей в стране, на основе анализа первичных и вторичных данных. Предлагаемые стратегии включают введение налоговых льгот на импорт электромобилей, местное производство электромобилей и комплектующих к ним, переоборудование транспортных средств с ДВС на электромобили, а также научно обоснованные стратегии перехода с ДВС на электромобили. Кроме того, более широкая интеграция в сеть возобновляемых источников энергии и зарядные станции для электромобилей, работающие на возобновляемых источниках энергии, также обеспечат поддержку энергии, необходимой для питания электромобилей, даже при снижении нагрузки. Предварительные результаты исследования также свидетельствуют о том, что местное производство компонентов электромобилей и спонсируемые правительством учебные программы по различным навыкам электрификации имеют решающее значение для повышения уровня внедрения электромобилей в стране [36].

По мнению Dehaye M. и Agrell P. J. в научной статье «Какова оптимальная последовательность разработки водородных двигателей для большегрузных автомобилей в Бельгии?» транспортировка большегрузных транспортных средств играет значительную роль в выбросах парниковых газов. Для решения этой проблемы и повышения экологичности сектора транспортных средств большой грузоподъемности, использование водорода стало многообещающим решением, соответствующим соглашениям по климату. Водород обладает тем неоспоримым преимуществом, что его можно производить из возобновляемых экологически чистых источников энергии и

использовать в различных формах. Данное исследование посвящено разработке оптимальной стратегии использования водорода для эффективного использования в транспорте большой грузоподъемности. В самом начале этого документа дается краткий обзор текущей ситуации. Впоследствии он проводит углубленное изучение различных подходов к производству экологически чистого водорода, изучает жизнеспособные технологии и необходимое развитие сети и инфраструктуры для создания устойчивой бизнес-модели использования водорода в качестве топлива в этом контексте. Наконец, исследование также проливает свет на различные ограничения и проблемы, связанные с развитием водородных технологий [10].

Camilleri R. в научном труде «Оценка осуществимости и последствий внедрения электромобилей в современную эпоху: технико-экономическое обоснование рисков для инфраструктуры и экономической эффективности на Мальте» делает вывод, что переход всего мира на электромобили (EV) ускорился по мере роста опасений по поводу выбросов углекислого газа и экологической устойчивости. Однако небольшие островные государства, такие как Мальта, сталкиваются с особыми трудностями при внедрении этой технологии из-за ограничений инфраструктуры и финансовых проблем. На основе тщательной оценки осуществимости рисков в этом исследовании рассматривается целесообразность широкого внедрения электромобилей на Мальте с особым акцентом на экономическую эффективность и готовность инфраструктуры. Исследование выявило ряд проблем с инфраструктурой, в том числе отсутствие общественных зарядных станций, ограничения на альтернативные варианты зарядки на дому и опасения по поводу способности энергосистемы Мальты обслуживать растущее число электромобилей. Широкому внедрению по-прежнему препятствуют высокие первоначальные цены и неопределенность, связанная с заменой аккумуляторов и остаточной стоимостью, несмотря на то, что Мальта ввела государственные стимулы, направленные на снижение финансового бремени для потребителей. Было обнаружено, что общая стоимость владения EVS позволяет со временем

экономить деньги на топливе и техническом обслуживании, но потребители не всегда осознают эти преимущества. Понимание финансовых и инфраструктурных препятствий на пути внедрения электромобилей имеет важное значение, поскольку Мальта стремится достичь климатических целей Европейского союза и перейти на более экологичные виды транспорта. В исследовании используются интервью со значимыми игроками, такими как профессионалы отрасли, чтобы получить полное представление о текущем состоянии экосистемы электромобилей Мальты. В этом исследовании подчеркивается необходимость усиления государственного регулирования и стимулов для содействия внедрению электромобилей, а также важность инициатив по информированию общественности для изменения отношения потребителей. В диссертации также подчеркивается, насколько важно устранить пробелы в инфраструктуре путем инвестирования в интеграцию возобновляемых источников энергии и формирования государственно-частного партнерства [5].

Научная статья «Переход к устойчивой мобильности: возможности и проблемы внедрения электромобилей в Либерии» Eze V. N. U. и соавторов посвящена внедрению электромобилей (EV) в Либерии, уделяя особое внимание возможностям и проблемам, связанным с этим изменением мобильности. Будучи развивающейся страной, Либерия сталкивается с особыми и значительными препятствиями на пути интеграции электромобилей, включая слаборазвитую инфраструктуру, высокие затраты на импорт и хрупкую энергетическую сеть. Благодаря использованию междисциплинарного исследовательского подхода, включающего всесторонний PESTLE- и SWOT-анализ, в этом исследовании определены ключевые социально-экономические, технологические и нормативные факторы, влияющие на внедрение EV в Либерии. Кроме того, для оценки восприятия пользователями и поведенческих намерений в отношении электромобилей используется модель внедрения технологий. Исследование представляет собой теоретический вклад в существующую литературу по

внедрению электромобилей в странах с низким уровнем дохода, освещая уникальные контекстуальные барьеры и факторы, способствующие развитию, характерные для Либерии. В отличие от предыдущих исследований, которые в основном были посвящены развитым или развивающимся экономикам, этот документ предлагает новое понимание роли интеграции возобновляемых источников энергии, в частности гидроэнергетики, солнечной энергии и биомассы, в создании более чистой и надежной энергосистемы для поддержки электромобилей в Либерии. В нем также рассматривалось влияние политических рамок, финансовых стимулов и партнерств между государственным и частным секторами на снижение экономических трудностей, связанных с внедрением электромобилей в Либерии. В исследовании подчеркивается, как политические реформы, международное сотрудничество и вовлечение заинтересованных сторон могут превратить инфраструктурные проблемы в возможности для устойчивого развития транспорта. Решая такие проблемы, как ограниченная электрификация сельских районов (в настоящее время она составляет менее 5%) и зависимость транспортного сектора от ископаемого топлива, Либерия может продвинуться к устойчивой мобильности и сохранению окружающей среды. Полученные результаты способствуют более широкому обсуждению вопросов устойчивого развития транспорта, предоставляя стратегические рекомендации по укреплению энергетического и транспортного секторов Либерии с акцентом на инвестиции в инфраструктуру, интеграцию возобновляемых источников энергии и нормативно-правовую поддержку. Эти меры не только облегчают внедрение электромобилей, но и служат практическим руководством для других развивающихся стран, сталкивающихся с аналогичными экономическими и инфраструктурными ограничениями [14].

Reddy V. J. и соавторы научной статьи «Экологичные транспортные средства для декарбонизации транспортного сектора: сравнение транспортных средств, работающих на биотопливе, электричестве, топливных элементах и солнечных батареях» пришли к выводу, что изменение климата требует

принятия срочных мер по обезуглероживанию транспортного сектора. Экологически чистые транспортные средства представляют собой важнейшую альтернативу традиционным двигателям внутреннего сгорания. В этом исследовании проводится всестороннее сравнение четырех известных технологий устойчивого использования транспортных средств: транспортных средств, работающих на биотопливе (BPV), транспортных средств на топливных элементах (FCV), электромобилей (EVS) и транспортных средств, работающих на солнечной энергии. Мы изучаем историю развития, классификацию, ключевые компоненты и принципы работы каждой технологии. Кроме того, мы оцениваем их устойчивость с учетом технических факторов, воздействия на окружающую среду, соображений стоимости и политических аспектов. Кроме того, в разделе "Обсуждение" рассматриваются проблемы и возможности, связанные с каждой технологией, и оценивается их социальное воздействие, включая общественное восприятие и принятие. Каждая технология перспективна для устойчивого транспорта, но сталкивается с уникальными проблемами. Политики, заинтересованные стороны отрасли и исследователи должны сотрудничать, чтобы решить эти проблемы и ускорить переход к обезуглероженному транспорту будущего. Определены потенциальные области будущих исследований, которые будут способствовать продвижению в области экологически чистых транспортных технологий [42].

Аналогичные исследования были проведены отечественными специалистами: [53, 59].

Список использованной литературы

1. Alshehhi H. et al. Strategic placement of alternative fueling stations in the UAE //Scientific Reports. – 2025. – Т. 15. – №. 1. – С. 11699.
2. Awan M. A., Scorrano M. The Cost Competitiveness of Electric Refrigerated Light Commercial Vehicles: A Total Cost of Ownership Approach //Future Transportation. – 2025. – Т. 5. – №. 1. – С. 10.

3. Baek K. H. et al. The Analysis of Vehicle Electrification and Fuel Switching Technology Deployment for Light-Duty and Medium-and Heavy-Duty Vehicles: The Projection of the Total Cost of Ownership (Tco) from 2021 to 2050 //Available at SSRN 5005438.

4. Burke A. F., Zhao J., Fulton L. M. Projections of the costs of light-duty battery-electric and fuel cell vehicles (2020–2040) and related economic issues //Research in Transportation Economics. – 2024. – T. 105. – C. 101440.

5. Camilleri R. Assessing the feasibility and implications of electric vehicle adoption in the modern era: a risk feasibility study on infrastructure and cost effectiveness in Malta : дис. – University of Malta, 2024.

6. Chen S. et al. Learning-Aided Collaborative Optimization of Power, Hydrogen, and Transportation Networks //Journal of Modern Power Systems and Clean Energy. – 2024.

7. Chen Z., Wang H. Total cost of ownership analysis of fuel cell electric bus with different hydrogen supply alternatives //Sustainability. – 2023. – T. 16. – №. 1. – C. 259.

8. Cheon S. et al. Finding the most suitable vehicle type for projected years using analytic hierarchy process integrated with economic and environmental aspects //Journal of Cleaner Production. – 2023. – T. 426. – C. 139075.

9. Danielis R. et al. The Economic Feasibility of Battery Electric Trucks: A Review of the Total Cost of Ownership Estimates //Energies. – 2025. – T. 18. – №. 2. – C. 429.

10. Dehaye M., Agrell P. J. What is the optimal sequence of hydrogen development for heavy duty vehicle in Belgium?.

11. Deng H. et al. A decision-dependent hydrogen supply infrastructure planning approach considering causality between vehicles and stations //IEEE Transactions on Sustainable Energy. – 2024.

12. Deng H. et al. A New Decision-Dependent Dro Framework Considering Indirect Network Effects for Hydrogen Supply Infrastructure Expansion Planning //Available at SSRN 5197655.

13. Deng H. et al. Hydrogen Supply Infrastructure Planning Method Considering Indirect Network Effects //2024 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE). – IEEE, 2024. – C. 654-661.

14. Eze V. H. U. et al. Navigating the road to sustainable mobility: opportunities and challenges in electric vehicle adoption in Liberia //Discover Electronics. – 2025. – T. 2. – №. 1. – C. 18.

15. Gao J. et al. Research on optimization layout of hydrogen refueling facility network based on renewable energy hydrogen production mode //Energy. – 2024. – T. 296. – C. 131166.

16. Gao Z. et al. Location and capacity of urban hydrogen refueling station based on a capacitated deviation-flow capturing location model //International Journal of Green Energy. – 2025. – C. 1-11.

17. Grube T., Rex M. Deployment of Fuel Cell Vehicles in Road Transport and the Expansion of the Hydrogen Refueling Station Network: 2024 Update //AFC TCP (IEA (International Energy Agency) Advanced Fuel Cells Technology Collaboration Programme). – 2024.

18. Gündüz S. B., Geçici E., Güler M. G. Locating hydrogen fuel stations: A comparative study for Istanbul //International Journal of Hydrogen Energy. – 2024. – T. 52. – C. 1234-1246.

19. Hu S. et al. The Research on The Total Ownership Costs for Hydrogen Fuel Cell Commercial Vehicles Based on System Dynamics //Proceedings of the 2024 International Conference on Big Data and Digital Management. – 2024. – C. 380-386.

20. Jiang L., Wang L. A Bi-Level Optimization Model for Hydrogen Station Location Considering Hydrogen Cost and Range Anxiety //Sustainability. – 2025. – T. 17. – №. 7. – C. 3210.

21. Kennington L. A Techno-Economic Analysis of Hydrogen, Electric, and Diesel Fuel in Medium-and Heavy-Duty Transportation Applications : дис. – Massachusetts Institute of Technology, 2023.

22. Kim C. et al. Review of hydrogen infrastructure: the current status and roll-out strategy //International Journal of Hydrogen Energy. – 2023. – T. 48. – №. 5. – C. 1701-1716.

23. Kraal D. et al. Zero-Emissions Transport: Taxation Support for Business Electric Cars //A Just Transition to Decarbonisation: Themes of Loss and Damage, Transport, Nature and Youth. – Cham : Springer Nature Switzerland, 2024. – C. 43-68.

24. Kumar D., Kalghatgi G., Agarwal A. K. Comparison of economic viability of electric and internal combustion engine vehicles based on total cost of ownership analysis //Transportation Systems Technology and Integrated Management. – 2023. – C. 455-489.

25. Magnino A. et al. Total cost of ownership analysis for hydrogen and battery powertrains: A comparative study in Finnish heavy-duty transport //Journal of Energy Storage. – 2024. – T. 99. – C. 113215.

26. Mahalana A., Yang Z., Posada F. The consumer cost of ownership of electric passenger cars in Indonesia [Электронный ресурс].

27. Mann R. F. Driving Transformation: Tax Strategies for Electrifying Light Duty Transportation //Environmental Law Reporter. – 2023. – T. 53. – №. 10298.

28. Martins H. et al. Assessing policy interventions to stimulate the transition of electric vehicle technology in the European Union //Socio-Economic Planning Sciences. – 2023. – T. 87. – C. 101505.

29. MÉNDEZ C. et al. HYDROGEN MOBILITY FOR QATAR: A COMPARISON BETWEEN CONVENTIONAL, ELECTRIC AND HYDROGEN FUEL CELL VEHICLES USING LIFE CYCLE COST ANALYSIS //WIT Transactions on Ecology and the Environment. – 2024. – T. 262. – C. 347-351.

30. Mendez C. et al. Hydrogen Vehicles for Qatar: Optimizing Incentives Through a Life Cycle Cost Analysis //Available at SSRN 5052381.

31. Meng X. et al. Optimal Planning of Hydrogen Refueling Stations Considering Balanced Utilization of Resources //International Conference on

Electrical and Electronics Engineering. – Singapore : Springer Nature Singapore, 2023. – C. 163-175.

32. Möring-Martínez G., Senzeybek M., Jochem P. Clustering the European Union electric vehicle markets: A scenario analysis until 2035 //Transportation Research Part D: Transport and Environment. – 2024. – T. 135. – C. 104372.

33. Mu Z. et al. Evaluating fuel cell vs. battery electric trucks: Economic perspectives in alignment with china's carbon neutrality target //Sustainability. – 2024. – T. 16. – №. 6. – C. 2427.

34. Nakamoto Y., Tokito S., Hanaka T. Strategic roadmap for optimising vehicle emission reductions and electrification //Environmental Research Letters. – 2024. – T. 19. – №. 5. – C. 054016.

35. Nelson Edberg M. Efficient Fiscal Policies for the Transition to Electric Vehicles (EV) in Sweden. – 2024.

36. Oni O. E., Longe O. M. A Study on Electric Vehicle Footprint in South Africa //Energies. – 2024. – T. 17. – №. 23. – C. 6086.

37. Park J., Kim C. Current Challenges to Achieving Mass-Market Hydrogen Mobility from the Perspective of Early Adopters in South Korea. – 2025.

38. Peng M. et al. Collaborative Planning of Hydrogen Refuelling Stations and Drgs in Adn for Distributed Energy Consumption and Flexibility Enhancement //Available at SSRN 5174272.

39. Pfaffenbichler P. et al. Simulating the effects of tax exemptions for plug-in electric vehicles in Norway //European Transport Research Review. – 2024. – T. 16. – №. 1. – C. 26.

40. Qadir S. A. et al. Navigating the complex realities of electric vehicle adoption: A comprehensive study of government strategies, policies, and incentives //Energy Strategy Reviews. – 2024. – T. 53. – C. 101379.

41. Qin Z. et al. A Comparative Durability Cost Analysis of Internal Combustion Engine, Electric and Fuel Cell Vehicles. – SAE Technical Paper, 2025. – №. 2025-01-7074.

42. Reddy V. J. et al. Sustainable vehicles for decarbonizing the transport sector: a comparison of biofuel, electric, fuel cell and solar-powered vehicles //World Electric Vehicle Journal. – 2024. – T. 15. – №. 3. – C. 93.

43. Sarkar S. et al. Techno-Economic Assessment of Future Fuels and Vehicle Technologies: Fuel Cell, Batteries, and Natural Gas Prospects in India. – SAE Technical Paper, 2023. – №. 2023-01-0234.

44. Sontakke U. R., Jaju S., Mahajan D. K. Total cost of ownership analysis of fuel cell electric vehicles in India //Towards Hydrogen Infrastructure. – Elsevier, 2024. – C. 379-400.

45. Soszynska P. et al. Driving the future: an analysis of total cost of ownership for electrified vehicles in north america //World Electric Vehicle Journal. – 2024. – T. 15. – №. 11. – C. 492.

46. Sun R., Sujan V. A., Jatana G. Systemic Decarbonization of Road Freight Transport: A Comprehensive Total Cost of Ownership Model //arXiv preprint arXiv:2410.21026. – 2024.

47. SZULC T., KRAWCZYK G. TOTAL COST OF OWNERSHIP OF FUEL CELL (FCEV) AND ELECTRIC (EV) BUSES IN DELIVERY OF PUBLIC TRANSPORTATION SERVICES ON THE EXAMPLE OF UPPER-SILESIA AND ZAGLEBIE METROPOLIS //Scientific Papers of Silesian University of Technology. Organization & Management/Zeszyty Naukowe Politechniki Slaskiej. Seria Organizacji i Zarzadzanie. – 2023. – №. 190.

48. Tamimuddin T. F. et al. An Overview on the Design, Operation and Levelized Costs of Hydrogen Refuelling Stations for Fuel Cell Electric Vehicles //Journal of Applied Engineering Design and Simulation. – 2024. – T. 4. – №. 1. – C. 21-34.

49. Yang C., Hu Q. Quantifying fuel cell vehicles and hydrogen refueling station networks in China based on roadmap //Energy for Sustainable Development. – 2023. – T. 76. – C. 101265.

50. Zhang Q., Ihara T. Comparative cost analysis of FCVs, BEVs, and ICVs: A consumer perspective in Japan //Applied Energy. – 2025. – T. 382. – C. 125231.

51. Zhang Y. et al. Optimizing Hydrogen Highway Planning Model Considering Hydrogen Cost and Vehicle Flow Effects //2024 IEEE/IAS Industrial and Commercial Power System Asia (I&CPS Asia). – IEEE, 2024. – С. 241-246.

52. Zhen L. et al. Hydrogen refueling station location optimization under uncertainty //Computers & Industrial Engineering. – 2024. – Т. 190. – С. 110068.

53. Александрина Юрьевна Скороход, Кирилл Дмитриевич Хабаров ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ В Г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГ // Известия СПбГЭУ. 2023. №6-2 (144). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-razvitiya-infrastruktury-dlya-elektromobiley-v-g-sankt-peterburg> (дата обращения: 06.05.2025).

54. Арина Юрьевна Кудревич ОЦЕНКА ИНФРАСТРУКТУРНОЙ ДОСТУПНОСТИ ЭЛЕКТРОЗАПРАВОЧНЫХ СТАНЦИЙ В РЕГИОНАХ СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ В ЦЕЛЯХ ТУРИЗМА // Вопросы территориального развития. 2023. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-infrastrukturnoy-dostupnosti-elektrozapravochnyh-stantsiy-v-regionah-severo-zapada-rossii-v-tselyah-turizma> (дата обращения: 02.05.2025).

55. Барабошкина А. В. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ И ЭКСТЕРНАЛЬНЫХ ИЗДЕРЖЕК ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ И АВТОМОБИЛЯ С ДВИГАТЕЛЕМ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА МОСКВЫ) // Экономика и управление. 2023. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitel'naya-otsenka-konkurentosposobnosti-i-eksternalnyh-izderzhek-elektromobilya-i-avtomobilya-s-dvigatелем-vnutrennego> (дата обращения: 01.05.2025).

56. Барабошкина Анастасия Валерьевна, Кудрявцева Ольга Владимировна Оценка конкурентоспособности российского электромобиля как обоснование необходимости стимулирования рынка электромобилей в России // Russian Journal of Economics and Law. 2023. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-konkurentosposobnosti-rossiyskogo->

elektromobilya-kak-obosnovanie-neobhodimosti-stimulirovaniya-rynka-
elektromobiley-v (дата обращения: 01.05.2025).

57. Г В. Бабаян РОЛЬ ЭЛЕКТРОЗАПРАВOK В ПЕРЕХОДЕ К
УГЛЕРОДНО-НЕЙТРАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКЕ: ЗАКОНОДАТЕЛЬНЫЕ И
ИНФРАСТРУКТУРНЫЕ АСПЕКТЫ В КАЛИФОРНИИ И ЛОНДОНЕ //
Экономика и бизнес: теория и практика. 2024. №10-1 (116). URL:
<https://cyberleninka.ru/article/n/rol-elektrozapravok-v-perehode-k-uglerodno-neytralnoy-ekonomike-zakonodatelnye-i-infrastrukturnye-aspekty-v-kalifornii-i-londone> (дата обращения: 02.05.2025).

58. Денисов Илья Владимирович ЗАРЯДНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА
ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА: ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА ДИНАМИКИ
РАЗВИТИЯ ПАРКА ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ //
ТТПС. 2024. №3 (69). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/zaryadnaya-infrastruktura-elektricheskogo-transporta-prognoznaya-otsenka-dinamiki-razvitiya-parka-elektromobiley-v-rossiyskoj> (дата обращения: 02.05.2025).

59. Макарова Ирина Александровна Россия на пути экологизации
транспортного и топливного налога // Вестн. Том. гос. ун-та. Экономика. 2015.
№4 (32). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rossiya-na-puti-ekologizatsii-transportnogo-i-toplivnogo-naloga> (дата обращения: 06.05.2025).

60. Ростовский Йоханнес-Корнелиус, Чакватадзе Важа Вахтангович
КАК СТАЛА ВОЗМОЖНА ЭЛЕКТРОМОБИЛЬНАЯ РЕВОЛЮЦИЯ В
НОРВЕГИИ // Научные труды: Институт народнохозяйственного
прогнозирования РАН. 2023. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kak-stala-vozmozhna-elektromobilnaya-revolyuutsiya-v-norvegii> (дата обращения: 01.05.2025).