

40

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по научной работе
Московского Политеха
А.Ю. Наливайко
«21» нояб 2025 г.



АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ

Анализ текущего состояния и перспектив развития
электротранспорта в России и мире

Руководитель работы
Начальник инфраструктурного
центра НТИ «Автонет»



А.В. Карловский

г. Москва, 2025 г.



**МОСКОВСКИЙ
ПОЛИТЕХ**



Автонет

Национальная
технологическая
инициатива

ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА В РОССИИ И МИРЕ

Аналитический отчет



Москва 2025

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА В РОССИИ И МИРЕ

Аналитический отчет

Текстовое электронное издание

Москва
2025

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Ботвиньев А.И., эксперт ИЦ «Автонет» Московского Политеха

Карловский А.В., начальник ИЦ «Автонет» Московского Политеха

Корзников А.М., заместитель начальника ИЦ «Автонет»
Московского Политеха, патентный поверенный РФ

РЕФЕРАТ

Отчет 129 с., 19 рис., 19 табл., 38 источников.

ЭЛЕКТРОМОБИЛИ, ЭНЕРГОПЕРЕХОД, АВТОНЕТ, ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИЕ УСЛУГИ, ГОРОДСКАЯ МОБИЛЬНОСТЬ

Объектом исследования выступает рынок электротранспорта в России и мире и его сегменты. Предмет исследования – инновационные разработки и технологии, организационные мероприятия, финансово-экономические условия, влияющие на развитие рынка.

Целью данного исследования является анализ условий перехода наземного автотранспорта на электрическое энергообеспечение.

В отчете подробно проанализированы масштабы, динамика и структура роста отрасли, выявлены основные системные барьеры и проблемы, а также рассмотрены особенности российского рынка электротранспорта. Представлены примеры применения электротранспорта в различных сегментах, включая пассажирскую мобильность, грузовую логистику и специализированную технику.

Основная часть отчета посвящена перспективам энергетического перехода в транспортном секторе России, включая сценарии развития, технологические и экономические направления, а также стратегию и дорожную карту до 2030 года и далее.

Основными методами, использованными при проведении исследования, явились общенаучные методы исследования, такие как контент-анализ, включающий систематическое изучение содержания нормативно-правовых и нормативно-технических документов, сообщений, публикаций и иных материалов, сравнительный анализ региональных стратегий. Кроме того, использованы методики экспертизы с привлечением фокус-групп, интервью с экспертами участников рынка Автонет, опросы. В частности, в обсуждении участвовали представители отраслевых партнеров: АО «РЖД», ПАО «КАМАЗ», ГК «Росатом», ООО «ЭВОКАРГО», АО «ТВЭЛ», Ассоциация «ЭлектроТранс», НИИ автомобильного транспорта (НИИАТ), Исследовательский центр

в сфере искусственного интеллекта НИЯУ МИФИ, Национальная Ассоциация Участников Рынка Робототехники (НАУРР).

Совместная работа позволила провести многомерный анализ, учитывающий как глобальные технологические тренды, так и специфические особенности внедрения электротранспорта в России.

В заключительной части представлены рекомендации по совершенствованию нормативно-правовой базы, развитию инфраструктуры, интеграции с энергетической системой, поддержке научных исследований, развитию кадрового потенциала и экологическим стандартам с целью создания устойчивого и сбалансированного рынка электротранспорта.

Результаты и выводы отчета могут быть использованы для формирования повестки и дискуссий на ключевых отраслевых площадках, таких как Международный форум «Электрификация транспорта (EVIS)», Форум профессионалов рынка Автонет, Российская энергетическая неделя, выставка «Иннопром», Форум «Открытые инновации», Форум «Цифровая индустрия промышленной России», а также на других значимых мероприятиях в области транспорта и автомобилестроения, включая Московский международный автосалон (ММАС).

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	8
Глава 1. АНАЛИЗ РЫНКА ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА: РОССИЯ И МИР	11
1.1. Масштаб, динамика и структура роста: от ниши к массовому рынку	11
1.2. Массовое появление моделей электромобилей различного класса	16
1.3. Зарядная инфраструктура	17
1.4. Цепочки поставок сырья	20
1.5. Особенности российского рынка электротранспорта.....	22
1.6. Развитие в России зарядной инфраструктуры	29
Выводы по главе 1	32
Глава 2. АНАЛИЗ ПРИМЕРОВ ЭНЕРГОПЕРЕХОДА В ОТДЕЛЬНЫХ СЕГМЕНТАХ РЫНКА.....	35
2.1. Пассажирская мобильность.....	35
2.2. Грузовая логистика.....	39
2.3. Специальная техника. Портовые тягачи	45
2.4. Специальная техника. Электрификация карьерных самосвалов	48
Выводы по главе 2.....	52
Глава 3. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ СЕГМЕНТОВ РЫНКА	53
3.1. Технологии аккумуляторных батарей. Системы управления батареями (BMS).....	53
3.2. Вторая жизнь и рециклинг	56

3.3. Инновационная зарядная инфраструктура	57
3.4. Новые материалы и технологии в производстве электромобилей	61
Выводы по главе 3	63

Глава 4. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПЕРЕХОДА В РОССИИ 65

4.1. Основные факторы обеспечения энергетического перехода транспорта в России (анализ по методике PESTEL)	65
4.1.1. Политические факторы энергетического перехода транспорта в России	65
4.1.2. Экономические факторы обеспечения энергетического перехода транспорта в России	68
4.1.3. Социальные факторы обеспечения энергетического перехода транспорта в России	75
4.1.4. Технологические факторы энергетического перехода транспорта в России	78
4.1.5. Экологические факторы энергетического перехода транспорта в России	81
4.1.6. Нормативно-правовые факторы энергетического перехода транспорта в России	82
4.1.7. Основные факторы PESTEL-анализа	84
4.2. Сценарии и ключевые сегменты энергоперехода транспорта в России	86
4.2.1. Массовое внедрение электротранспорта на базе аккумуляторных батарей	87
4.2.2. Внедрение водородного транспорта	88
4.2.3. Развитие гибридных транспортных средств	90
4.2.4. Варианты развития отдельных сегментов автотранспортного рынка	92
4.2.5. Варианты развития отдельных элементов электротранспорта	94

4.3. Прогнозы энергетического перехода транспортного сектора	96
Выводы по главе 4	101
Глава 5. РЕКОМЕНДАЦИИ РАЗВИТИЯ РЫНКА ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННОГО ТРАНСПОРТА	104
5.1. Совершенствование государственного регулирующего и поддержки	104
5.2. Масштабное и сбалансированное развитие инфраструктуры	107
5.3. Научно-техническая политика и инновации.....	110
5.4. Развитие кадрового потенциала и образовательных технологий.....	112
5.5. Экологические стандарты и устойчивость.....	115
5.6. Рекомендации по кооперации и партнерствам	116
Выводы по главе 5.....	118
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	121
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	125

ВВЕДЕНИЕ

Мир переживает огромные перемены, которые меняют нашу жизнь так же сильно, как когда-то изобретение парового двигателя или интернета. Мы говорим о глобальном энергетическом переходе — большом сдвиге от привычной экономики, работающей на нефти, газе и угле, к новому миру, который будет жить за счет чистой энергии и умных технологий. Этот процесс запущен, и его уже не остановить. Причин тому несколько, и все они очень серьезные.

Во-первых, это забота об экологии. Ученые по всему миру говорят об изменении климата, и это уже не просто разговоры в высоких кабинетах. Чтобы остановить глобальное потепление, странам необходимо резко сократить выбросы вредных газов в атмосферу. Транспорт, который сжигает львиную долю всей добываемой нефти и выбрасывает в воздух четверть всех парниковых газов, оказался в центре внимания. Теперь автомобильные компании вынуждены переходить на чистые технологии не только из-за имиджа, но и под давлением жестких законов и огромных штрафов. Кроме того, в больших городах люди страдают от смога и шума машин. Электротранспорт, который не дымит и почти не шумит, становится спасением для здоровья миллионов горожан, делая жизнь в мегаполисах более комфортной и безопасной.

Во-вторых, произошла настоящая технологическая революция. Еще десять-пятнадцать лет назад электромобиль был чем-то экзотическим, дорогой игрушкой для энтузиастов. Сегодня все иначе. Главный прорыв случился в технологиях хранения энергии. Аккумуляторы, которые являются «сердцем» и самой дорогой частью электромобиля, за последнее десятилетие подешевели почти в десять раз. Это кардинально изменило всю экономику. Владеть электромобилем и «заправлять» его электричеством во многих странах стало выгоднее, чем содержать обычную машину на бензине. Электрокар перестал быть компромиссом и превратился в современный, мощный

и удобный вид транспорта, который по многим параметрам уже превосходит своих бензиновых собратьев.

В-третьих, меняется мировая экономика и политика. Для многих стран зависимость от импорта нефти и газа — это большой риск. Цены на них постоянно скачут, а поставки могут быть нестабильными. Поэтому переход на электричество, которое можно производить внутри страны, — это вопрос национальной безопасности и независимости. Прямо сейчас на наших глазах рождается гигантский новый рынок. Он включает в себя не только сборку самих машин, но и целую цепочку: добычу нужных металлов (лития, никеля, кобальта), строительство заводов по производству батарей, создание сетей зарядных станций по всей стране, разработку сложного программного обеспечения. Те страны и компании, которые сегодня станут лидерами в этих областях, обеспечат себе технологическое превосходство и экономическое процветание на многие годы вперед.

В основе современных изменений в транспорте лежит электрификация. Но это не просто замена двигателя. Формируется новая транспортная система, которая включает три взаимосвязанных направления: электрификация — переход на электромобили, подключенность — связь с интернетом, обмен данными с другими автомобилями и инфраструктурой, обновление «по воздуху», автоматизация — от помощников водителя до полностью беспилотного управления.

В результате автомобиль становится больше похож на компьютер на колесах, технологичный гаджет, интегрированный в цифровую экосистему.

Для России все эти глобальные процессы имеют особое значение. Наша страна оказалась в уникальном положении, на настоящем историческом перекрестке. С одной стороны, у нас есть мощные козыри: одна из самых доступных по цене электроэнергий в мире, причем значительная ее часть вырабатывается на «чистых» атомных и гидроэлектростанциях. У нас есть огромные запасы важнейшего сырья для аккумуляторов — никеля и алюминия, а также сильная промышленность и инженерные кадры. Наши IT-компании, такие как Яндекс, создают цифровые продукты мирового уровня. Но, с другой стороны, перед нами стоят огромные вызовы. Мы сильно зависим от импорта ключевых технологий, в первую очередь самих

аккумуляторных ячеек и микроэлектроники. Наша страна — это гигантские расстояния и суровые зимы, что является серьезным испытанием для электромобилей. Плюс ко всему, доступ к западным технологиям и финансам сейчас ограничен.

В такой ситуации просто сидеть и ждать, что будет дальше, — значит рисковать будущим своей промышленности и технологий. Пытаться же вслепую копировать путь Европы или Китая — значит рисковать потратить огромные ресурсы впустую. Именно поэтому нужен глубокий и системный анализ.

Настоящий аналитический отчет «Текущее состояние и перспективы развития электротранспорта в России и мире» представляет комплексное исследование ключевых аспектов развития рынка электротранспорта на глобальном и внутреннем уровнях. Особую ценность исследованию придает то, что оно подготовлено в тесном сотрудничестве с ведущими отраслевыми партнерами, что обеспечило глубину, практическую ориентированность и достоверность анализа.

Глава 1. АНАЛИЗ РЫНКА ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА: РОССИЯ И МИР

Чтобы понять, где находится Россия на пути к электрификации транспорта и каковы ее реальные перспективы, необходимо сначала оценить масштаб и скорость тех тектонических сдвигов, которые происходят на мировой арене. Глобальный автомобильный рынок – одна из самых консервативных и инерционных отраслей экономики, сегодня переживает трансформацию, скорость которой ошеломляет даже самых смелых прогнозистов.

1.1. Масштаб, динамика и структура роста: от ниши к массовому рынку

За первые семь месяцев 2025 года мировые продажи электромобилей превысили 10,7 млн, показав уверенный рост на 27% с начала года¹. Продажи электромобилей в Китае выросли на 6,5 млн (+29%), в Европе – на 2,3 миллиона (30%), Северная Америка – на 1,0 млн (+2%). Динамика продаж электромобилей в 2024 г на глобальном рынке и различным странам представлена на рисунке 1.

Мировой рынок электротранспорта сегодня не является монолитным. Он представляет собой арену, на которой доминируют три тяжеловеса: Китай, Европа и Северная Америка, включая США. Суммарно на них приходится более 90% всех мировых продаж электромобилей. Однако каждый из этих регионов пришел к успеху своим собственным, уникальным путем, используя разные инструменты и преследуя разные стратегические цели

¹ Источник: отчет Rho Motion [Электронный ресурс]. – URL: <https://rhomotion.com/news/global-ev-sales-grow-by-27-in-the-opening-seven-months-of-the-year/> (дата обращения: 15.11.2025).

ДИНАМИКА ГЛОБАЛЬНОГО РЫНКА NEV

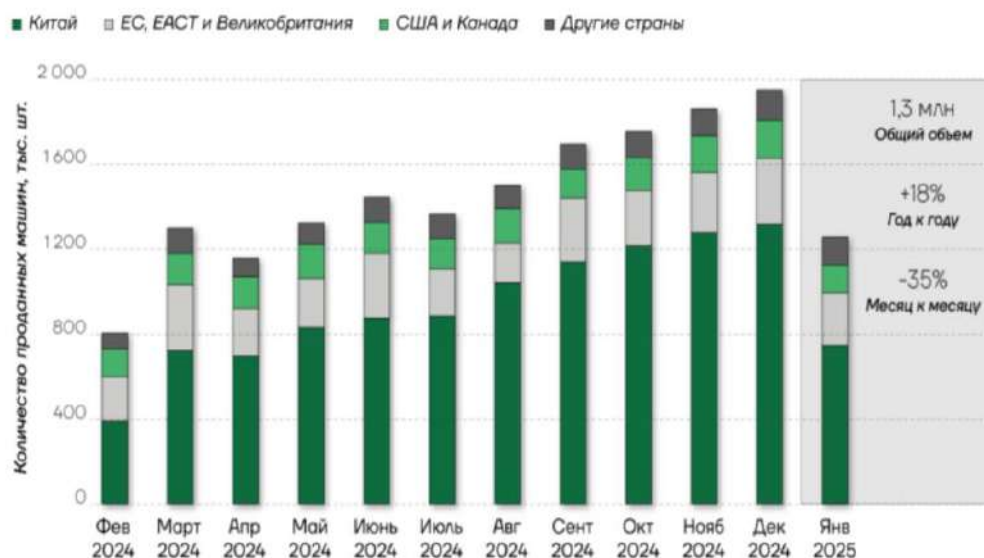


Рисунок 1 – Динамика мирового рынка электромобилей в 2024 г.

Китай занимает доминирующее положение в мировой индустрии электротранспорта, выступая не просто как лидер, а как ключевой центр глобальных трендов, цены и технологического развития. Государственная политика Китая рассматривает электрификацию транспорта не только через призму экологии, но и как стратегический национальный проект, направленный на укрепление и расширение позиций отрасли на мировом автомобильном рынке. В течение длительного времени китайские автопроизводители уступали традиционным западным, европейским и японским брендам в сегменте двигателей внутреннего сгорания (ДВС), поэтому по инициативе государства была реализована комплексная программа стимулирования, направленная на развитие спроса и создание мощной промышленной базы для производства электромобилей.

Одним из главных инструментов поддержки стали значительные прямые субсидии для покупателей электромобилей. Эти меры позволили быстро увеличить рыночную долю и сформировали устойчивую клиентскую базу. Постепенно, по мере роста зрелости рынка, эти субсидии сокращались и к 2023 году практически отменены, однако их эффект продолжается через развитую инфраструктуру и сформированные привычки потребителей.

Важное значение имели немонетарные мега-стимулы, меняющие экономику владения автомобилем. В крупных городах, которые характеризуются жесткими административными ограничениями, таких

как Пекин и Шанхай, традиционное приобретение номерных знаков на автомобили обходится дорого и с большими задержками, а «зеленые» номерные знаки для электрокаров, выдаваемые бесплатно и вне очереди, создали мощную мотивацию к покупкам EV, существенно изменяя поведение потребителей и стимулируя переход к экологически чистому транспорту. Система «двойных кредитов» стала стратегическим инструментом для регулирования производства автопрома: автопроизводители обязаны продавать определенный процент новых экологичных транспортных средств. За это начисляются положительные кредиты, а за производство автомобилей с высокими выбросами отрицательные. Несоответствие нормам вынуждает компании покупать кредиты у лидеров рынка, таких как Tesla и BYD, что не только усиливает конкуренцию, но и стимулирует общую экологизацию отрасли.

Поддержка инфраструктуры и научно-исследовательского потенциала дополняет комплекс этих мер: Китай инвестирует в развитие зарядных станций, аккумуляторов, программного обеспечения и производственных мощностей. Итогом комбинации продуманной государственной поддержки, административных мер и ориентации на инновации стал стремительный рост рынков и производство электромобилей. Это позволило Китаю превратиться из отстающей страны в мирового лидера, создав мощную промышленную экосистему для устойчивого развития и технологического лидерства на глобальном уровне.

Европа, занимающая второе место в мире с долей около 25% от глобальных продаж, выбрала принципиально иной путь. Здесь политическое и регуляторное давление выступает мощным катализатором изменений в автомобильной отрасли. Евросоюз в рамках пакета «Fit for 55» запретил продажу новых легковых автомобилей и легких коммерческих фургонов с двигателями внутреннего сгорания (ДВС) с 2035 года. Такой жесткий «дедлайн» вынуждает автопроизводителей полностью переходить на электротягу. Кроме того, в ЕС действует система крупных штрафов за превышение нормы выбросов CO₂ (95 г/км), что делает электромобили не только имиджевым выбором, но и финансовой необходимостью для концернов. Европейские мегаполисы вводят зоны с низкими выбросами (LEZ/ULEZ), где въезд машин с ДВС ограничен или облагается высокими сборами, а электромобили движутся бесплатно, что существенно удорожает эксплуатацию традиционного транспорта.

Государственные закупки электротранспорта (почтовые службы, полиция, общественный транспорт) создают гарантированный спрос и способствуют масштабированию производства электротранспорта. Эти меры в комплексе формируют неизбежный «кнут», подталкивающий отрасль к переходу на экологически чистые технологии.

Если регуляторное давление действует как «кнут», то финансовые стимулы – это «пряник», упрощающий и удешевляющий выбор электромобиля для потребителя. Регуляторный прессинг был дополнен программами государственной поддержки покупателей. В таких странах, как Германия (программа «Umweltbonus» до недавнего времени), Франция и другие, покупатели могли получить прямую скидку в несколько тысяч евро, что значительно снижало конечную стоимость электромобиля. Однако по мере роста рынка эти субсидии начинают сокращаться.

Уникальный пример Норвегии, не входящей в ЕС, но являющейся частью европейского рынка, показывает, чего можно достичь при максимальном стимулировании. Благодаря последовательной политике, начатой еще в 1990-х, покупка электромобиля стала колоссально выгодной: отмена 25% НДС и налога на покупку, бесплатный проезд по платным дорогам и паромам, доступ к полосам для общественного транспорта. В результате доля электромобилей в продажах новых авто в Норвегии стабильно превышает 80%, демонстрируя всему миру, что полный переход на электротранспорт технологически возможен уже сегодня. Однако сейчас Европа сталкивается с новой проблемой: агрессивной экспансией китайских брендов (BYD, MG, NIO), которые предлагают технологически продвинутые и более дешевые электромобили, угрожая позициям европейских автопроизводителей на их собственном домашнем рынке.

Рынок США, третий по величине, долгое время развивался медленнее Европы и Китая. Его пробуждение – это история сочетания частной инициативы и мощного государственного вмешательства. Государственный закон США «О снижении инфляции» (Inflation Reduction Act, IRA), принятый в 2022 году, стал мощным катализатором для увеличения продаж электромобилей в стране и представляет собой пример экономического патриотизма. Его основной целью является не просто стимулирование спроса на электромобили, а кардинальная перестройка производственных цепочек с возвратом производства на территорию США и выстраиванием независимости

от Китая в критически важных сегментах индустрии. Закон предусматривает щедрый налоговый вычет в размере до \$7,500 для покупателей электромобилей, но получение этой льготы возможно только при строгом соблюдении нескольких условий. Основное требование – финальная сборка автомобиля должна осуществляться на территории США. Кроме того, закон обязывает, чтобы определенный процент минералов, используемых в батарее (литий, кобальт и другие), был добыт или переработан либо в США, либо в странах, с которыми США имеют соглашения о свободной торговле. Аналогичные ограничения установлены на производство компонентов батарей, катодов и анодов, которые также должны производиться в Северной Америке.

Эти меры вызвали настоящий инвестиционный бум в автомобильной отрасли и отрасли производства аккумуляторов. Многие крупные компании, включая General Motors, Ford и Hyundai, а также ведущих производителей аккумуляторов, объявили о строительстве новых заводов в США. Формируется так называемый «аккумуляторный пояс» (Battery Belt) на юго-востоке страны, который станет основным центром производства аккумуляторов в Америке.

В итоге мы видим три совершенно разные, но одинаково успешные модели. Китай использовал стратегию тотального государственного контроля и создания внутренней гиперконкуренции для завоевания рынка, Европа – «регуляторный молот» для принуждения старой индустрии к переменам, США – сочетание прорывных технологий частной компании и мощной протекционистской политики для создания новой промышленной базы.

Рост в развивающихся странах, таких как Вьетнам, Таиланд, Индия и Бразилия, поддерживается субсидиями и стимулирующими программами, что указывает на перспективы дальнейшего расширения рынка электромобилей. Продажи новых электромобилей в Малайзии в 2024 году составили 26 000 единиц, что на 182,61% больше, чем в 2023 году, когда они были равны 9 200, чему способствовали налоговые льготы и освобождение от импортных пошлин, а также ускорение внедрения инфраструктуры взимания платы².

² Источник: STATBASE. [Электронный ресурс]. – URL: <https://statbase.ru/data/mys-bev-sales/> (дата обращения: 15.11.2025).

В Латинской Америке в 2023 году продажи электромобилей достигли почти 90 000, причем лидируют рынки Бразилии, Колумбии, Коста-Рики и Мексики.

В Бразилии количество электромобилей выросло втрое до более 50 000, что составляет 3% рынка, чему способствовал выход китайских производителей BYD, Great Wall и Chery с популярными моделями. В стране развивается производство гибридных и электрических автомобилей, а также инфраструктура зарядки.

В Мексике продажи электромобилей выросли на 80% до 15 000, благодаря интеграции с североамериканским рынком и субсидиям. В Колумбии и Коста-Рике также наблюдается рост, но в других странах региона рынок электромобилей пока ограничен.

1.2. Массовое появление моделей электромобилей различного класса

Рынок электромобилей заметно трансформировался за последние 5–7 лет. Если в начале выбор моделей был ограничен компактными хэтчбеками или дорогими седанами, сейчас ведущие мировые автоконцерны инвестируют сотни миллиардов долларов в создание широкого ассортимента транспортных средств различных классов и сегментов.

В Германии предложен разнообразный модельный ряд — от городских малолитражек до крупных кроссоверов и люксовых автомобилей, созданных на специализированных электрических платформах, свидетельствующих о переходе к массовой электрификации.

Во Франции и Швеции прослеживается аналогичная тенденция расширения модельного ряда и развития отдельных электробрендов, ориентированных на премиальный сегмент, инновации и городские решения.

В Соединенных Штатах лидирующие компании делают ставку на электрификацию легендарных моделей, включая пикапы и спортивные машины, что поддерживается активным внедрением новых технологий и резким ростом продаж.

Южнокорейские производители Hyundai и Kia завоевали признание благодаря современным платформам для кроссоверов и седанов, сочетающим стиль, эффективность и высокие технологии.

Китай, являющийся крупнейшим в мире рынком и производителем электромобилей, предлагает широчайший спектр решений – от доступных бюджетных моделей до премиальных и технологически продвинутых автомобилей с автопилотами, системами комфорта и безопасности. Крупнейшие мировые бренды также сосредоточили производство электромобилей именно в Китае, что усиливает влияние страны на глобальные стандарты и дизайн.

Япония, традиционно ассоциирующаяся с инновациями, предлагает разнообразные модели электромобилей с акцентом на экологичность, надежность и современность технологий. Резкое расширение модельного ряда затрагивает не только популярные хэтчбеки и седаны, но и электрические кроссоверы, внедорожники, пикапы, минивэны и коммерческие транспортные средства, что позволяет охватить любые запросы и предпочтения клиентов.

Современная мировая автомобильная индустрия демонстрирует эпоху интенсивного и многообразного развития электромобильного сегмента, где развитие технологий идет рука об руку с вниманием к разнообразию потребительских нужд. Это создает условия для формирования устойчивого и технологически продвинутого транспорта, отвечающего широкому спектру современных социальных и экологических требований.

1.3. Зарядная инфраструктура

Рост сетей зарядных станций играет ключевую роль в развитии электромобилей и формировании уверенности пользователей. Страх перед невозможностью своевременно зарядить аккумулятор постепенно уступает место новым вызовам, породившим термин «тревога о зарядке». В настоящее время в передовых странах мира, включая европейские государства и Соединенные Штаты Америки, наблюдается активное развитие инфраструктуры для электромобилей. Высокоскоростные зарядные станции с мощностью от 150 до 350 киловатт появляются вдоль главных автомобильных дорог и в крупных городских агломерациях. Технологические инновации в сфере зарядки поражают своей эффективностью: современные станции позволяют восполнить запас энергии, достаточный для преодоления 400 километров пути, всего за пять минут. Такое время зарядки практически не отличается от стандартной остановки водителя для отдыха или перекуса.

Важным драйвером инфраструктурного развития стала инициатива Tesla, открывшая сеть Supercharger для зарядки автомобилей любых марок, что значительно расширило возможности пользователей.

Даже в развивающихся странах, таких как Индонезия, где сеть публичных зарядных станций состоит всего из примерно 1 500 точек, государственная политика активно стимулирует расширение инфраструктуры при помощи налоговых льгот и государственных программ поддержки. Это является необходимым условием для ускоренного развития рынка электромобилей и повышения доступности электротранспорта для широкой аудитории.

По мере того как рынок электромобилей достигает зрелости, роль государства в развитии сети электрозарядных станций постепенно снижается, уступая место независимым провайдерам, что связано с активным вовлечением частного сектора и коммерческих структур. Несмотря на экспоненциальный рост числа зарядных станций, дальнейшее продвижение к полной электрификации транспортного сектора сталкивается с важными внутренними проблемами и ограничениями.

Основной дисбаланс в развитии инфраструктуры — неравномерное расположение зарядных станций. Быстрые зарядки в основном сосредоточены вдоль оживленных автомагистралей и в крупных городах, обеспечивая удобство длинных поездок и городской мобильности. В то же время сельские районы, окраинные территории и жилые кварталы часто остаются без должного покрытия — так называемые «белые пятна» инфраструктуры ограничивают возможности электромобилей для значительной части населения, снижая потенциал принятия электромобилей в этих зонах.

Особую сложность представляет зарядка электромобилей у жителей многоквартирных домов, где до 80% зарядок приходится на домашний режим, преимущественно в ночное время. Владельцы частных домов и таунхаусов имеют преимущество благодаря возможности установки личных зарядных станций на своей территории. Для большинства же жителей многоквартирных домов процесс установки зарядных устройств осложнен бюрократическими препятствиями — необходимостью согласований с управляющими компаниями, соседями и вопросами оплаты электроэнергии. Это создает барьеры для широкого внедрения электромобилей в городских условиях.

Для решения данных проблем необходимы массовые и доступные решения, в числе которых обязательное оснащение новых жилых

комплексов зарядными станциями на парковочных местах, упрощенные процедуры получения разрешений и единые стандарты оплаты. Также важны высокая надежность и совместимость зарядных станций, что способствует эффективному развитию инфраструктуры.

Сегодня все больше пользователей в разных странах сталкиваются с так называемой «тревогой о зарядке» («charger anxiety»), ситуацией, когда приезжая на зарядную станцию, водитель обнаруживает, что она неисправна, занята, требует использования специализированного мобильного приложения или не принимает оплату. По данным исследований в США³, до 20–30% публичных зарядных точек одновременно могут находиться в состоянии неисправности, что значительно снижает доверие к общественной зарядной инфраструктуре. Для тех, кто не имеет возможности заряжать автомобиль дома, это становится серьезным ограничением и тормозит массовое распространение электромобилей.

Технологический прогресс во всех сегментах зарядной инфраструктуры, от инновационных систем охлаждения для быстрой зарядки аккумуляторов до беспроводных зарядных платформ на дорогах, требует значительных инвестиций и тесного сотрудничества между производителями, операторами зарядных станций и государственными структурами. В России и других странах выделяются крупные бюджетные средства, направленные на развитие и субсидирование расширения электрозаправочных сетей, особенно быстрых зарядок, что способствует снижению «тревоги о зарядке» и стимулирует устойчивый рост рынка. Переход от «тревоги о запасе хода» к «тревоге о зарядке» отражает новую фазу развития рынка электромобилей и инфраструктуры, обозначая системные вызовы, которые необходимо преодолеть для успешного достижения целей электрификации и устойчивой транспортной трансформации в глобальном и локальном масштабах.

³ Источник: Мировая зарядная революция: 5 миллионов станций и российский вклад. [Электронный ресурс]. – URL: <https://electro.cars/tpost/e6jlx6b7a1-mirovaya-zaryadnaya-revolyuetsiya-5-milli> (дата обращения: 15.11.2025).

1.4. Цепочки поставок сырья

Энергопереход представляет собой коренной сдвиг в мировой геополитике – от доминирования нефти к росту значения критически важных металлов, которые лежат в основе аккумуляторных технологий. Аккумуляторы, используемые в электромобилях и других устройствах, содержат сложный химический коктейль из нескольких ключевых минералов, добыча, переработка и контроль над которыми сосредоточены в руках ограниченного числа стран, что создает множество рисков и вызовов.

Основные минералы включают литий, добыча которого сосредоточена преимущественно в «литиевом треугольнике» Южной Америки: Чили, Аргентине и Боливии, а также в Австралии. Этот регион обладает крупнейшими запасами по всему миру и играет центральную роль в глобальной цепочке поставок. Кобальт, еще один важный компонент аккумуляторов, более чем на 70% добывается в Демократической Республике Конго, стране с нестабильной политической ситуацией, серьезными проблемами с правами человека и детским трудом, что создает значительные этические и репутационные риски для производителей электромобилей и компаний, стремящихся к устойчивому развитию. Никель же, необходимый для производства высококачественных батарей, поставляется главным образом из Индонезии, где индустрия также растет и развивается. (см. рис. 3)

Однако уязвимостью мировой индустрии является не только добыча, но и переработка минерального сырья, которая почти полностью контролируется Китаем. Несмотря на то, что страна не обладает крупнейшими запасами этих материалов, она занимает монопольное положение в их переработке и производстве компонентов аккумуляторов. На сегодняшний день Китай контролирует около 65% мирового производства катодных материалов, 85% анодов и более 70% переработки кобальта. Это означает, что даже литий, добытый в Австралии, и кобальт из Конго сначала направляются в Китай на переработку и превращаются в компоненты аккумуляторов именно там. Такая концентрация мощностей ставит мировую автомобильную промышленность в уязвимое положение, подверженное влиянию ценовой и торговой политики Пекина, что может влиять как на стоимость конечных продуктов, так и на стабильность поставок. Кроме того, рынок критических металлов характеризуется высокой ценовой волатильностью. Резкий рост спроса на литий и связанные с ним материалы, вызванный массовым переходом к электромобилям, уже

приводил к многократным скачкам цен, что напрямую отражается на стоимости аккумуляторов и автомобилей. В отличие от рынка нефти, рынок этих минералов намного менее ликвиден, прозрачен и функционален, что делает его более подверженным спекуляциям, манипуляциям и резким колебаниям.

На фоне этой новой реальности крупные государства и компании предпринимают многочисленные усилия для диверсификации и локализации цепочек поставок. Они ведут разработки и инвестиции в разведку новых месторождений, создают международные альянсы с богатыми минералами странами, а также работают над инновациями для замены или снижения зависимости от редких и конфликтных материалов. Отечественная переработка и создание замкнутых циклов использования сырья становятся приоритетами для снижения рисков и повышения устойчивости.

На рисунке 2 представлена карта запасов редкоземельных металлов в мире⁴.

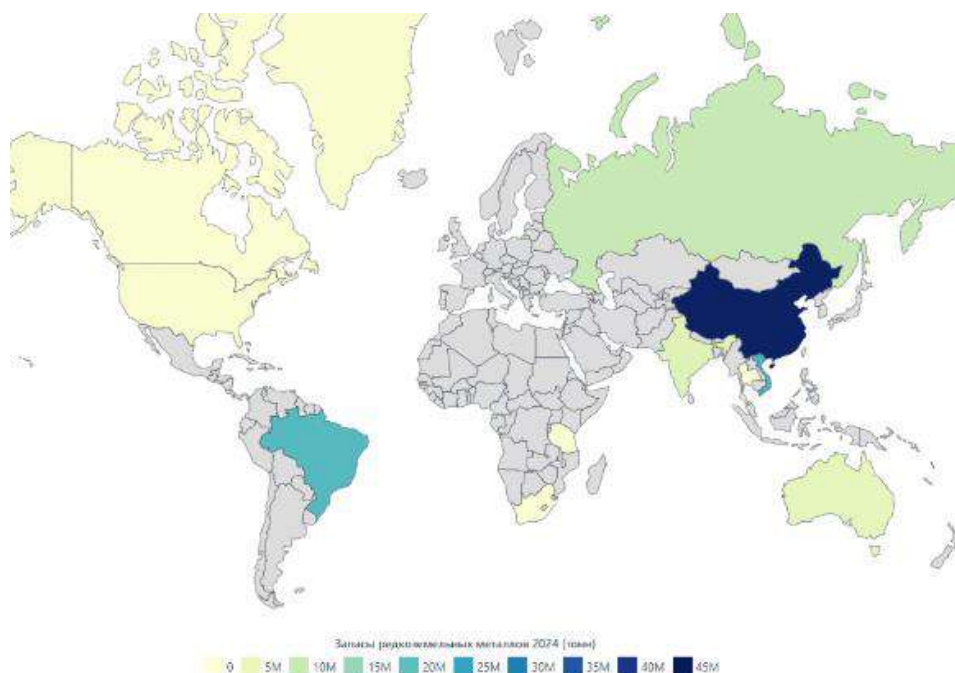


Рисунок 2 – Запасы редкоземельных металлов в мире на 2024 г.

⁴ Источник: Объявлены страны, богатые редкоземельными элементами. [Электронный ресурс]. – URL: https://ekonomi.haber7.com/foto-galeri/91623-nadir-to-prak-zengini-ulkeler-aciklandi-herkes-onlarin-pesinde/p32?utm_medium=organic&utm_source=yandexsmartcamera (дата обращения: 15.11.2025).

Геополитика энергетического перехода – это сложный и многогранный процесс, который связывает вопросы национальной безопасности, экономики, этики и технологического лидерства в XXI веке. Контроль над критически важными минералами и технологиями их обработки становится не просто экономической задачей, а основой для формирования нового баланса сил в мире, способного влиять на международные отношения и развитие глобальной промышленности на десятилетия вперед.

1.5. Особенности российского рынка электротранспорта

Российский рынок электротранспорта пока находится на начальном этапе своего развития, но уже демонстрирует высокую динамику и быстрый рост. До 2022 года он представлял собой относительно узкую нишу, преимущественно ориентированную на энтузиастов технологий. Основную часть рынка составляли электромобили, импортируемые частными лицами в ограниченных объемах. Однако за последние два года произошли значительные изменения, которые можно назвать «тектоническим сдвигом». Данный процесс обусловлен синергией общемирового бума на электромобили и значительной перестройкой российского авторынка после ухода западных и азиатских брендов.

Качественную оценку текущего состояния различных сегментов рынка электротранспорта в России подтверждают результаты экспертного опроса, результаты которого представлены на рисунке 3.

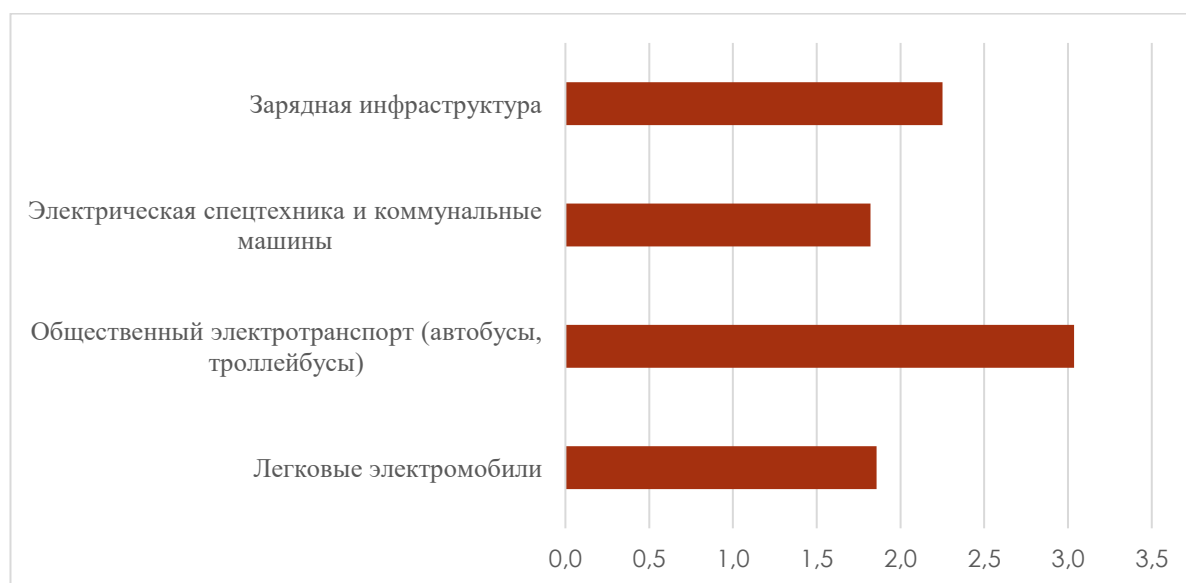


Рисунок 3 – Текущее состояние рынка электротранспорта в России, по 5-балльной оценке

Данные демонстрируют, что большинство специалистов оценивают развитие ключевых направлений как неудовлетворительное, что коррелирует с объективными показателями динамики рынка.

На начало 2025 года общий парк электромобилей в России достиг примерно 55 тысяч единиц⁵, что свидетельствует о существенном увеличении за предыдущие годы. На рисунке 4 представлены данные по парку электромобилей и прогноз продаж в России. В 2025 году рынок столкнулся с заметным спадом – всего за первые шесть месяцев было продано около 4400 новых электромобилей, что на 57% меньше, чем за аналогичный период 2024 года.

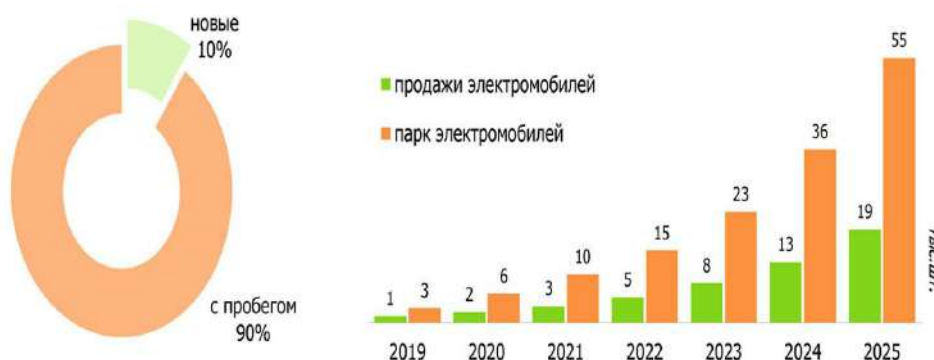


Рисунок 4 – Парк электромобилей и прогноз продаж в России

Структура российского автопарка заметно меняется. Ранее основу составляли подержанные Nissan Leaf с правым рулем из Японии, а сейчас рынок ориентируется на современные электромобили в основном китайского производства⁶.

Это связано с тем, что после ухода западных и азиатских производителей в 2022 году китайские компании быстро заняли освободившуюся нишу: порядка 95% новых электромобилей в стране производства Китая. Импорт осуществляется двумя основными путями. Первый – прямой ввоз китайских брендов, таких как Zeekr (с его популярной моделью 001), премиальный Voyah, технологичный

⁷ Источник: Strategy Partners Анализ российского рынка электромобилей. [Электронный ресурс]. – URL: <https://strategy.ru/research/research/analiz-rossiyskogo-rynka-elektromobiley-67/> (дата обращения: 15.11.2025).

⁶ Источник: Агентство «Автостат». [Электронный ресурс]. – URL: <https://m.auto-stat.ru/> (дата обращения: 15.11.2025).

Avatr и люксовый Hongqi, которые существенно расширяют модельный ассортимент и внедряют инновации. Второй – параллельный импорт электромобилей известных мировых брендов (например, Volkswagen ID.4 и ID.6), произведенных для китайского рынка и ввезенных в Россию мимо официальных дилеров. Структура продаж по брендам электромобилей в РФ приведена на рисунке 5.

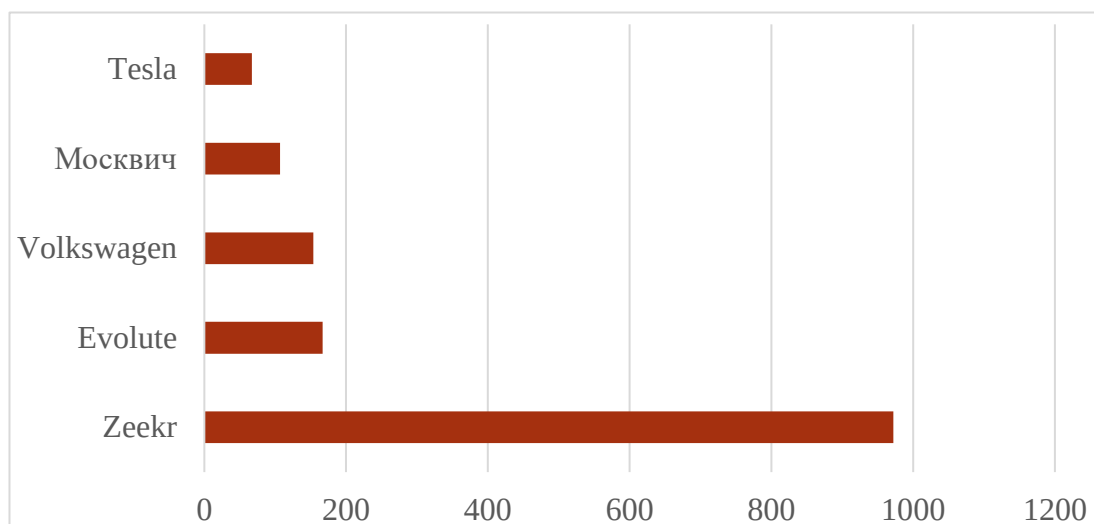


Рисунок 5 – Структура продаж в России в 2024 г. по брендам электромобилей, шт.

Параллельный импорт, хотя и обеспечивает доступ к современным моделям, несет с собой ряд проблем. Покупатели теряют официальные гарантии, сталкиваются с дефицитом сертифицированных сервисных центров и квалифицированного обслуживания. Программное обеспечение зачастую не адаптировано под российские условия (использование китайского языка, отсутствие российских карт и навигации), что снижает удобство эксплуатации. К тому же параллельный импорт сопровождается юридическими и таможенными рисками, связанными с задержками, неполной документацией и возможной конфискацией. Есть опасения по поводу продажи автомобилей с неполной историей эксплуатации и техническими дефектами, что повышает риски для потребителей.

Несмотря на проблемы, рост китайских электромобилей в России открывает значительные возможности для обновления парка и экосистемы транспортного сектора. При этом важен акцент на повышении качества сервиса, гарантийного сопровождения, адаптации программного обеспечения и защите прав потребителей. Параллельно

развивается отечественное производство, которое, хоть пока и в зачаточном состоянии, становится заметным фактором благодаря политике локализации и укреплению производственных мощностей.

Государственная поддержка направлена на стимулирование местного производства, однако на текущем этапе оно преимущественно реализуется через крупноузловую (SKD) сборку китайских электромобилей под российскими брендами. Так, одним из первых и крупнейших проектов сборки электромобилей является предприятие Evolute в Липецке, запущенное в 2022 году на базе завода «Моторинвест». Линейка моделей Evolute представляет собой переименованные версии автомобилей китайского государственного концерна Dongfeng. Эта компания является главным бенефициаром государственных программ поддержки спроса и занимает лидирующие позиции в сегменте производства электромобилей в России. Другой заметный проект, возрождение марки «Москвич», где на территории Москвы на бывшем заводе Renault организована сборка электрического кроссовера «Москвич Зе». Данная модель является полной копией китайской машины JAC Sehol E40X и активно получает поддержку через программные механизмы локализации производства. Сводная таблица производителей электромобилей в России представлена на рисунке 6.

Особое внимание заслуживает масштабный и амбициозный проект «Атом», который направлен на создание оригинального российского электромобиля «с чистого листа»⁷. Этот проект поддерживается крупными промышленными гигантами – КАМАЗом и Росатомом — и позиционируется как высокотехнологичный «автомобиль-гаджет», с акцентом на передовое программное обеспечение и цифровые сервисы.

⁹Источник: Российский электрокар Атом: все подробности. Знакомимся с самым амбициозным российским автомобильным проектом со времен е-мобиля. [Электронный ресурс]. – URL: <https://motor.ru/lab/firstatom.htm> (дата обращения: 15.11.2025).

Производители	Тип EV		Комментарии	Планы
ООО «Моторинвест»	Легковой		Крупноузловая сборка из китайских комплектующих	2032 г. — полная локализация производства в РФ
Московский автомобильный завод АО «Москвич»	Легковой		Крупноузловая сборка из китайских комплектующих	2026 г. — использование отечественных электродвигателей и тяговой батареи
АО «Кама»	Легковой		Собственные разработки	2025 г. — серийный выпуск и массовые продажи
АО «АвтоВАЗ»	Легковой		Собственные разработки	2024 — массовый выпуск
ВКО «Алмаз-Антей»	Легковой		Собственные разработки	2026 г. — запуск производства
Группа «ГАЗ»	Грузовой		Собственные разработки и производство	Серийный выпуск разных модификаций
Группа «ГАЗ»	Электробус		Собственные разработки и производство	Масштабирование производства
ПАО «КАМАЗ»	Электробус		Собственные разработки и производство	Масштабирование производства
«Волгабас-Волжский»	Электробус		Собственные разработки и производство	Масштабирование производства

Рисунок 6 – Основные производители электромобилей в РФ

Планируется, что серийное производство этого автомобиля (представлен на рисунке 6) стартует в 2025 году летом, что может существенно повлиять на дальнейшее развитие отечественного рынка электромобилей. Росатом планирует выпуск первых автомобилей «Атом» (рисунок 7) на заводе «Москвич» уже в следующем году, однако ключевая задача компании — не стать автопроизводителем, а занять нишу разработчика платформ и компонентов, своего рода «российского Bosch или Aisin». Росатом ориентируется на создание модульных платформ и универсальных компонентов: основа, аккумуляторы, электромоторы, электроника — все поставляется в виде конструктора, который позволяет гибко формировать автомобиль под нужды производителя.



Рисунок 7 – Электромобиль АТОМ

По сути, это концепция «Лего» для автопрома: любой производитель или сервис может выбрать готовую платформу необходимой длины, количество батарей и моторов, спроектировать индивидуальный кузов и вывести собственный бренд на рынок с минимальными затратами и сроками — параллельно с тем, как собираются компьютеры или смартфоны.

В сегменте альтернативных технологий особое место занимает бренд Aurus, который представил люксовый седан Aurus Senat на водородных топливных элементах (FCEV). Хотя эта модель является скорее технологическим демонстратором и нишевым продуктом, ориентированным на государственный сектор, она отражает растущий интерес к альтернативным видам топлива и расширяет портфель российских инновационных решений в области экологического транспорта.

В сфере общественного транспорта Россия также делает значительные шаги в электрификации. КАМАЗ разработал и производит городской электробус «второго поколения» КАМАЗ-6282, предназначенный для эксплуатации в условиях города: с высокой пассажировместимостью, современными электроприводами и долговечными литий-титановыми аккумуляторами. Эти особенности обеспечивают удобство эксплуатации и делают модель конкурентоспособным решением для обновления городского общественного транспорта.

Не менее важным является и продукт Ликинского автобусного завода — электробус ЛиАЗ-6274 (также известный как e-Citymax 12 с 2023 года), первый полностью низкопольный городской электробус большого класса отечественного производства. Он создан на базе автобуса ЛиАЗ-5292 и зарекомендовал себя как одна из наиболее популярных моделей электробусов в крупных городах России, включая Москву, где он активно способствует развитию экологичного общественного транспорта.

Результаты опроса и экспертной оценки динамики развития отдельных сегментов рынка представлены на рисунке 8.



Рисунок 8 – Ожидаемая динамика развития отдельных сегментов, по 8-балльной оценке

Наибольший рост ожидается в сегментах, связанных с городским транспортом: городские электробусы, троллейбусы, трамваи. Такая оценка опирается на ожидание существенных инвестиций в рамках государственно – частных проектов.

Несмотря на то, что российский рынок электротранспорта по-прежнему находится в начальной фазе, его развитие характеризуется многоплановой динамикой – стремительным ростом импортных китайских моделей, формированием зачаточного отечественного производства и обновлением городского общественного транспорта через производство современных электробусов. Каждое из этих направлений играет важную роль в развитии устойчивой экосистемы

электротранспорта в России и формирует фундамент для дальнейшего роста и технологической диверсификации отрасли.

1.6. Развитие в России зарядной инфраструктуры

Развитие зарядной инфраструктуры в России является фундаментальным условием для массового внедрения электромобилей и формирования удобной, доступной и надежной экосистемы электротранспорта. Проведенный совместно с отраслевыми партнерами (Ассоциация «ЭлектроТранс») анализ показывает, что на начало 2024 года общественная сеть зарядных станций насчитывала около 7410 публичных точек зарядки. Однако только около трети из них, примерно 2500 станций, были быстрыми зарядными устройствами постоянного тока (DC) с мощностью 50 кВт и выше.

Экспертные оценки, предоставленные партнерами исследования, свидетельствуют, что эти современные станции позволяют зарядить аккумулятор электромобиля за 30–40 минут, что существенно повышает комфорт водителей, снижая время простоя и делая эксплуатацию электромобилей более практичной и сопоставимой по удобству с традиционными авто с двигателями внутреннего сгорания.

Результаты опроса и экспертной оценки динамики развития отдельных сегментов рынка представлены на рисунке 9.



Рисунок 9 – Оценка достаточности зарядной инфраструктуры, %

62% экспертов указали, что зарядная инфраструктура пока недостаточна, но развивается.

Совместный анализ с региональными партнерами выявил, что несмотря на быстрый рост количества зарядных точек, инфраструктура в России остается крайне неравномерно распределенной. Основная масса зарядных станций сосредоточена в Москве, Московской области, Санкт-Петербурге, Татарстане, Краснодарском крае и Сахалинской области, где сосредоточено порядка 60–70% всей сети. Распределение зарядных станций представлено на рисунке 10.

Согласно данным, предоставленным Ассоциацией «ЭлектроТранс», в остальных регионах, особенно в отдаленных и сельских территориях, инфраструктура отсутствует или находится в недостаточном объеме, что создает серьезные трудности для жителей этих мест и ограничивает возможности владения электромобилями.

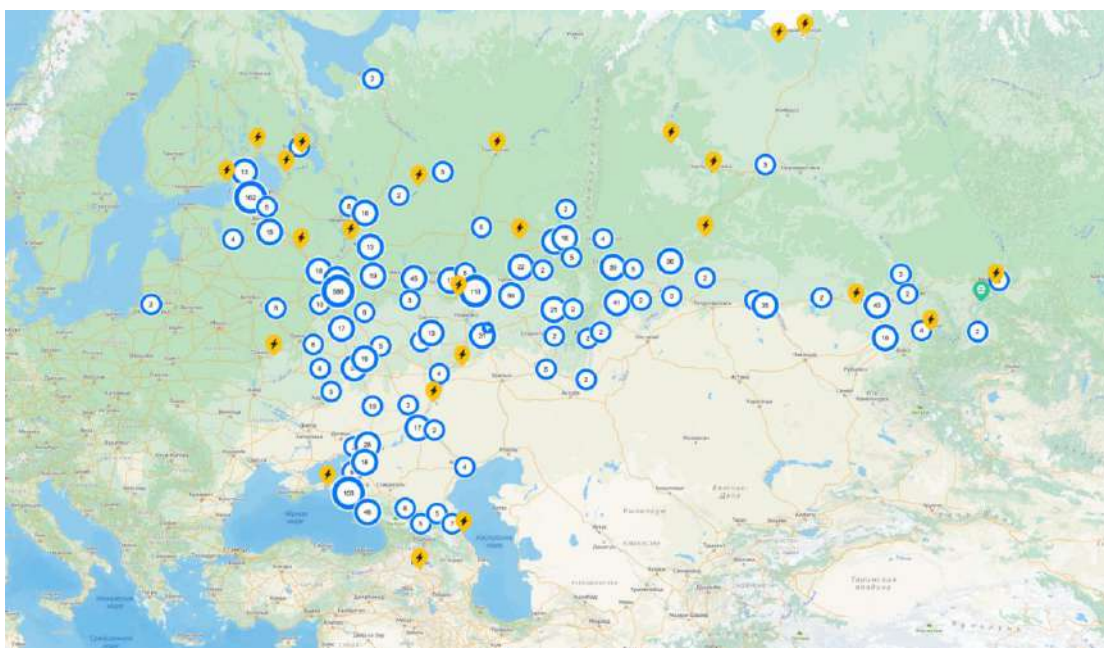


Рисунок 10 – Зарядные станции для электромобилей в России

Анализ, проведенный при участии АО «Роснано», подтверждает, что отсутствие сети быстрых зарядных пунктов в удаленных районах порождает так называемые «белые пятна», зоны, где использование электромобилей сопряжено с высокими рисками нехватки энергии.

Для решения этих проблем государственные и частные программы при активном участии партнеров исследования активно развивают сеть зарядных станций вдоль главных федеральных трасс,

формируя «электрические коридоры», которые обеспечивают возможность беспрепятственного движения между крупными городами и регионами. Особенно важное значение имеют федеральные дороги М-4 «Дон» и М-11 «Нева», вдоль которых уже создаются современные сети высокомошных быстрых зарядных станций, обеспечивающих надежное покрытие для зарядки на дальних дистанциях.

По оценкам партнеров, государственная финансовая поддержка включает субсидии, покрывающие до 60% стоимости оборудования и технологического подключения, с доплатами за использование зарядных станций высокой мощности, что стимулирует развитие производств и снижает зависимость от импортных технологий. Совместно с АО «РЖД» прорабатываются решения по созданию плотных зарядных коридоров вдоль основных трасс с интервалом 50–70 км, а также широкому использованию возобновляемых источников энергии и аккумуляторных систем для минимизации нагрузки на электросети.

Данные отраслевых партнеров показывают, что на российском рынке уже сложился пул ключевых операторов зарядных станций, включающий крупные государственные энергетические компании, такие как «Россети» и «РусГидро», а также частные сети Green Drive, Punkt E и сервисы «Яндекса» с проектом «Яндекс.Заправки». Эта конкуренция помогает улучшать качество сервиса, расширять географию и снижать стоимость зарядки для конечных пользователей.

Совместные обсуждения с НИИАТ подтверждают, что более 60% владельцев электромобилей в России предпочитают заряжать транспортные средства дома, преимущественно в ночное время, используя более выгодные тарифы на электроэнергию. Однако такая ситуация характерна в основном для обладателей частных домов или индивидуальных парковочных мест. Большинство жителей многоквартирных домов сталкивается с проблемой отсутствия персональных зарядных устройств и сложностями их установки в местах общего пользования.

В рамках кооперации с партнерами средства направляются на установку новых станций, модернизацию существующих, а также разработку инновационных решений по размещению зарядок в жилых дворах и трансформаторных подстанциях, что позволит максимально приблизить услугу к конечным пользователям.

Экспертиза ГК «Росатом» в области систем накопления энергии активно используется при реализации мер по стандартизации и координации между производителями электромобилей, операторами зарядных сетей, а также федеральными и региональными органами власти. Особое внимание уделяется совместимости оборудования разных производителей, поддержке современных протоколов зарядки (CCS, CHAdeMO), а также разнообразных способов оплаты, чтобы сделать процесс использования зарядной инфраструктуры максимально удобным для владельцев электрокаров.

Технологический анализ, проведенный с участием всех партнеров, показывает, что развитие инфраструктуры включает внедрение зарядных станций мощностью более 300 кВт, способных зарядить аккумулятор почти в 10–15 минут, и развитие беспроводных систем зарядки. Это снижает барьеры для пользователей и приближает эксплуатационные характеристики электромобилей к привычным автомобилям с ДВС.

Совместно с отраслевыми партнерами разрабатываются регуляторные инициативы, стимулирующие обязательное оснащение зарядной инфраструктурой жилых комплексов, офисных центров и торговых площадей. Министерство строительства рекомендует оборудовать зарядками не менее 5% парковочных мест при возведении новых зданий, что способствует равномерному распространению инфраструктуры в городской среде.

Главной инициативой, предлагаемой партнерами проекта, является создание единой системы оплаты и стандартизации сервисов, которая обеспечит прозрачность, удобство и ускорит интеграцию электрозарядной инфраструктуры в повседневную жизнь пользователей. Совместная работа с АО «РЖД» и другими инфраструктурными компаниями позволяет также прорабатывать вопросы интеграции зарядных хабов в транспортно-пересадочные узлы, что создаст дополнительную ценность для пользователей общественного и частного электротранспорта.

Выводы по главе 1

Сегодня автопроизводители предлагают широкий выбор моделей на любой вкус и задачи, от компактных городских автомобилей до

премиальных внедорожников и пикапов. Ведущие игроки рынка, такие как Tesla в США, BYD и NIO в Китае, Volkswagen, Mercedes-Benz и Renault в Европе, а также Hyundai и Kia из Южной Кореи, активно расширяют производство и инвестируют в развитие эффективных аккумуляторов и быстрозарядной инфраструктуры. Это значительно способствует росту рынка: электромобили становятся более доступными и привлекательными для разных категорий покупателей.

Для стимулирования спроса во многих странах вводятся комплексные меры поддержки, включая жесткие экологические нормативы, отказ от двигателей внутреннего сгорания, штрафы за превышение допустимых норм выбросов CO₂, масштабные программы субсидий, налоговые льготы и льготы для владельцев электромобилей. Во многих регионах, особенно в Европе и Китае, это позволило быстро увеличить долю электромобилей в общем объеме продаж, причем за сравнительно короткие сроки.

На развитие электромобилей положительно влияет развитие смежного сектора – автотранспорта с высокой степенью автоматизации. Новая мобильность стимулирует электроприводные решения как базовые платформы для применения инструментов автоматизации.

Российский рынок электромобилей пока отстает. Его доля новых электромобилей составляет примерно в 15–20 раз меньше, чем в Европе, и в 25–30 раз меньше, чем в Китае.

В России развитие происходит по своей модели: основной акцент делается на поддержку и стимулирование локальных производств и сборки электромобилей, а не на масштабное поощрение спроса через субсидии для конечных покупателей. Это сдерживает скорость распространения электромобилей и развитие сети зарядной инфраструктуры.

Особенностями российского рынка являются его внутренние проблемы. Параллельный импорт электротранспорта усложняет процессы регулирования, сертификации и сервисного обслуживания. Инфраструктура зарядных станций развита неравномерно, особенно в регионах и сельской местности, где зарядных точек мало или они отсутствуют вовсе, что создает барьеры для распространения электромобилей среди широкой аудитории. Кроме того, суровые климатические условия и большие расстояния в России требуют адаптации

технологий аккумуляторов и систем отопления, что добавляет сложности и увеличивает цену владения электромобилем.

Устойчивое развитие рынка в России зависит от нескольких факторов. В первую очередь, необходима эффективная и последовательная государственная политика, которая будет предусматривать не только поддержку производства, но и меры стимулирования потребительского спроса, развитие зарядной инфраструктуры и повышение осведомленности населения. На уровне технологий важным становится сокращение зависимости от импортных компонентов через развитие локальных производств аккумуляторов, силовой электроники, программного обеспечения и инновационных решений.

Развитие зарядной инфраструктуры должно охватывать как медленные, так и быстрые типы зарядных станций, уделяя особое внимание отдаленным и труднодоступным регионам для создания равных условий доступа для всех пользователей. Кроме того, необходимы скоординированные усилия всего сектора — государства, бизнеса, научных организаций и общественности — для максимально эффективного использования ресурсов и возможностей.

Комплексные и согласованные меры позволят сократить отставание России от мировых лидеров в отрасли электромобилей, сформировать устойчивый внутренний рынок с массовым проникновением электротранспорта, укрепить национальную экономику, минимизировать риски, связанные с импортом, и повысить технологический суверенитет страны.

Глава 2. АНАЛИЗ ПРИМЕРОВ ЭНЕРГОПЕРЕХОДА В ОТДЕЛЬНЫХ СЕГМЕНТАХ РЫНКА

Энергопереход в транспортном секторе развивается крайне неравномерно. Разные сегменты, от личного автомобиля до карьерного самосвала, имеют свои уникальные экономические модели, особенности эксплуатации, а значит – и свои барьеры и драйверы для электрификации. Глубокий анализ передового международного опыта в каждом из этих сегментов является критически важным. Он позволяет не изобретать велосипед заново, а формировать взвешенную и эффективную стратегию для России, избегая чужих ошибок и адаптируя успешные решения под национальные реалии.

2.1. Пассажирская мобильность

Этот сегмент включает различные виды перевозок: личный транспорт, общественный транспорт, коммерческие службы такси, а также быстро развивающийся каршеринг. Для понимания разных подходов стоит рассмотреть опыт двух стран, которые стали эталонами для всего мира по внедрению электромобилей.

Норвегия, с населением около 5,5 миллионов человек, поставила перед собой цель полностью прекратить продажи автомобилей с двигателями внутреннего сгорания к 2025 году, сделав это центральной задачей государственной политики.⁸ За последние десять лет доля электрокаров в новых продажах выросла с 1% до рекордных 82,4% к 2023 году. В 2025 году доля достигла 95%, обогнав Китай и сделав страну мировым лидером в области электрификации транспорта.

⁸ Источник: Норвегия май 2025 электромобили заняли 95% рынка. [Электронный ресурс]. – URL: <https://vc.ru/transport/2035924-elektromobili-v-norvegii-95-protseptov-rinka-mai-2025> (дата обращения: 15.11.2025).

Это привело к значительному снижению выбросов и улучшению качества воздуха, а также к развитию одной из самых плотных сетей зарядных станций с привлечением частных инвесторов. Однако такие успехи сопряжены с проблемами: бюджетные расходы на налоговые льготы составляют миллиарды долларов, инфраструктура испытывает перегрузки, и выделенные полосы общественного транспорта забиты электромобилями, что мешает работе автобусов. Льготы в основном выгодны обеспеченным покупателям новых премиальных моделей, тогда как менее состоятельные пользователи на вторичном рынке не получают подобных преимуществ. Кроме того, некоторым жителям электрокары заменяют общественный транспорт, что усугубляет дорожную ситуацию.

Прямое копирование норвежского опыта в России затруднено из-за экономических и инфраструктурных различий, а также уровня доходов населения. Тем не менее, Россия уже реализует немонетарные стимулы — бесплатный проезд по платным трассам, бесплатная парковка в крупных городах, что улучшает доступность электромобилей без значительных затрат бюджета. Также предлагается ввести дифференцированную налоговую политику, при которой электромобили облагаются минимальными налогами, а автомобили с высокими выбросами высокими, сохраняя баланс бюджета и стимулируя экологичный транспорт. Создание зон с низким уровнем выбросов (LEZ) в исторических и курортных городах, где въезд для автомобилей с ДВС ограничен или платный, а электромобили свободны, поможет улучшить экологическую обстановку в уязвимых районах.

Для предотвращения норвежских проблем необходимо проактивно развивать инфраструктуру, включая энергосети, и устанавливать гибкие, ограниченные во времени льготы, адаптируя поддержку под насыщение рынка.

Второй пример – город Шэньчжэнь в Китае, который считается одним из ведущих технологических центров страны. С населением свыше 17 миллионов человек, этот мегаполис вырос за несколько десятилетий из небольшой рыбацкой деревни в современный центр инноваций и производства. Здесь расположены штаб-квартиры крупных технологических компаний, таких как Huawei, Tencent и DJI.

Перевод общественного транспорта на электротягу в Шэньчжэне проводился под контролем городских властей и в тесном сотрудни-

честве с местным производителем BYD, который начал с производства аккумуляторов в 1995 году и стал одним из крупнейших мировых производителей электромобилей. Помимо BYD, в проекте участвовали и другие китайские производители электробусов, но BYD обеспечил более 80% поставок. Важную роль в поддержке проекта сыграли государственные энергетические компании, обеспечившие модернизацию сетей и создание зарядной инфраструктуры⁹.

К 2018 году город полностью перевел автобусный и таксомоторный парки на электробусы (см. рисунок 11), а это более 16 000 автобусов и около 22 000 такси. Инвестиции, включая субсидии, были значительными: около 2,3 млрд долларов на электробусы, 600 млн на зарядные станции, а также средства на модернизацию депо и обучение персонала. Проект реализовывался постепенно, начиная с 200 электробусов в 2011 году, затем 3600 к 2015-му, и полной электрификации к концу 2017-го¹⁰



Рисунок 11 – Электробусы Шеньчжэня

⁹ Источник: Шеньчжэнь стал первым полностью электробусным городом мира. [Электронный ресурс]. – URL: <https://rim3.ru/comauto/news/shenchzhen-stal-pervym-polnostyu-elektrobusnym-gorodom-mira/> (дата обращения: 15.11.2025).

¹⁰ Источник: Как Шэньчжэнь создал крупнейший в мире парк электробусов? [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.wri.org/insights/how-did-shenzhen-china-build-worlds-largest-electric-bus-fleet> (дата обращения: 15.11.2025).

В отличие от рыночного подхода Норвегии, в Шэньчжэне применялся директивный метод: центральные и местные власти субсидировали до 50% стоимости каждого электробуса и компенсировали операторам дополнительные расходы. Например, правительство выделяло до 300 000 юаней (около 45 000 долларов) на 12-метровый автобус, а субсидии покрывали примерно 75% его стоимости.

Фокус на местного производителя помог не только решить транспортные задачи, но и вырастить технологического лидера. BYD приобрел долгосрочные контракты с городом, расширил производство и технологии, стал крупнейшим производителем электробусов в мире и экспортирует продукцию во многие города, включая Лондон и Лос-Анджелес. Компания создала тысячи рабочих мест и входит в число крупнейших налогоплательщиков Шэньчжэня.

Город построил около 510 зарядных депо с более 8000 зарядных точек, оборудованных быстрыми станциями мощностью от 60 до 200 кВт. Зарядка автобусов занимает 2–3 часа, а интеллектуальная система управления оптимизирует распределение транспорта по зарядным местам. Также созданы мобильные зарядные станции для экстренных случаев.

Электрификация позволила значительно снизить выбросы CO₂ (на 440 тыс. тонн в год), уменьшить концентрацию вредных веществ в воздухе и число госпитализаций с респираторными заболеваниями на 20–25%. Шум на остановках снизился на 10–15 децибел, что улучшило акустический комфорт и качество жизни жителей.

Хотя капитальные затраты были высокими, затраты на электроэнергию и техническое обслуживание электробусов гораздо ниже, чем у дизельных аналогов, что обеспечивает значительную экономию в будущем. Стоимость электроэнергии на километр пробега — около 0,3 юаня, что в 4 раза ниже стоимости дизельного топлива.

Проект требовал значительных финансовых вложений и поддержки властей, включая перераспределение бюджета и привлечение кредитов. Эксперты отмечают, что такая модель сложна для повторения на условиях других стран с менее централизованным управлением.

Управление зарядкой и эксплуатацией более 16 000 автобусов оказалось сложной задачей: потребовалось изменить маршруты, увеличить количество транспортных средств на 10–15%, создать ре-

зервные парки. Потребления электроэнергии достигло уровня небольшого города, потребовало строительства новых подстанций и прокладки кабелей.

Опыт Шэньчжэня релевантен для России, особенно для ее крупных городов с экологическими проблемами. Электрификация общественного транспорта – эффективное решение, позволяющее снизить выбросы и улучшить качество воздуха. Москва уже имеет парк из более 1500 электробусов, и опыт стоит масштабировать на другие мегаполисы.

Основная задача – развитие и поддержка отечественных производителей, таких как КАМАЗ и Группа ГАЗ. Государственные долгосрочные контракты стимулируют развитие технологий, повышают качество и локализацию производства. Эффективной является модель контрактов жизненного цикла, когда город закупает комплекс услуг на длительный срок, включая сервис и замену батарей, что снижает риски для перевозчиков и стимулирует производство надежной техники. Для масштабирования потребуются федеральные программы субсидий софинансирования закупок и инфраструктуры, с возможностью покрытия до 50% стоимости при закупках у российских производителей. Ожидается, что для перевода половины автобусного парка крупнейших городов потребуется около 300–400 млрд рублей за 5–7 лет, что реально при наличии политической поддержки и стратегии.

Опыт Шэньчжэня показывает, как последовательный и комплексный подход помогает создать устойчивую систему экологичного общественного транспорта. Этот опыт может служить основой для российской стратегии развития электрификации общественного транспорта.

2.2. Грузовая логистика

Tesla Semi – это электрический тягач класса 8, который в России можно сравнить с тягачами, способными работать в составе автопоезда с полной массой 40 тонн и выше. Работы над ним начались в 2016 году, а в 2017-м этот проект был представлен публике. В числе заявленных характеристик – разгон до 100 км/ч за 5 секунд и грузоподъемность до 36 тонн. Крупная компания PepsiCo, известный производитель продуктов с крупным оборотом, заказала 100 таких

тягачей в 2017 году. В конце 2022 года она получила первые 36 машин на заводе Tesla в Калифорнии.

PepsiCo совместно с Tesla построила зарядную инфраструктуру Megacharger мощностью 750 кВт, чтобы обеспечить их работу¹¹. Общая стоимость проекта вместе с субсидиями составила около 30–40 млн долларов. В рамках калифорнийской программы HVIP на каждый тягач предоставлялось по 120 000 долларов, примерно 40% стоимости. Грузовики используются для доставки напитков на коротких маршрутах (100–150 км), а на дальних (400–500 км) перевозят снеки, что позволяет проводить реальные испытания в эксплуатации.

Tesla Semi (см. рисунок 12) оснащен тремя электродвигателями общей мощностью более 1000 лошадиных сил и батареей на 850–900 кВт·ч. Среди современных решений – система автопилота, камеры вместо зеркал и центральное расположение водителя для лучшей обзорности.



Рисунок 12 – Грузовики на электротяге Tesla Semi

PepsiCo провела специальное обучение водителей, где особое внимание уделялось использованию рекуперативного торможения, способного возвращать до 70% энергии. Кроме того, каждый тягач оборудован телематикой, позволяющей осуществлять контроль за

¹¹ Источник: PepsiCo подтверждает перевод своего калифорнийского автопарка на электрические грузовики Tesla Semi. [Электронный ресурс]. – URL: <https://dzen.ru/a/XZueWAX9mACuSvT0> (дата обращения: 15.11.2025).

состоянием батарей, стилем вождения и техническим состоянием транспорта.

Проект PepsiCo с Tesla Semi показывает, что эти машины могут быть экономически оправданы и эффективно использоваться как на коротких, так и на дальних маршрутах. Основное преимущество – это существенная экономия на топливе. Так, расходы на километр у электротягача примерно в 2–2,5 раза ниже, чем у дизельного аналога. При ценах около 4,5 долларов за галлон дизельного топлива и 0,15 доллара за киловатт-час электричества стоимость энергии на милю составляет 1,26 доллара для дизеля и 0,54 доллара для Tesla Semi. При годовом пробеге в 100 000 миль экономия топлива для одного грузовика может достигать 72 000 долларов. Дополнительные скидки дают ночные тарифы на электричество и программы управления транспортными средствами (TMS).

Расходы на техническое обслуживание у Tesla Semi ниже на 60–70% из-за отсутствия сложных двигателей внутреннего сгорания. Те машины не нуждаются в замене масла, фильтров и других комплектующих. Рекуперативное торможение продлевает срок службы тормозных колодок в 3–4 раза, а основные работы сводятся к контролю шин и уровней жидкостей.

Для водителей комфорт выше за счет низкого уровня шума в кабине (около 60 дБ против 80–85 у дизельных машин), отсутствия вибраций и плавного ускорения, что снижает усталость. Также важна особенность отсутствия выхлопов, особенно при работе в помещениях. Климат-контроль работает всю ночь от батареи, что помогает лучше отдохнуть. Для PepsiCo внедрение Tesla Semi является частью стратегии устойчивого развития: компания планирует достичь углеродной нейтральности к 2040 году. Отметим, что каждые 15 таких грузовиков сокращают выбросы CO₂ примерно на 1000 тонн, эквивалент – вывод из эксплуатации около 220 легковых автомобилей.

Есть и минусы. Тягач стоит от 250 до 300 тысяч долларов, тогда как дизельный аналог — около 130–150 тысяч. Даже с учетом субсидий разница примерно 100 тысяч долларов. При экономии на топливе в 72 тысячи долларов в год окупаемость составляет около 1,5 лет, но с учетом высоких капиталовложений и рисков она растет до 3–4 лет, что может быть непосильно для небольших компаний.

Вес батареи около 5–6 тонн сокращает полезную грузоподъемность примерно на 5 тонн, что существенно влияет на бизнес. В Калифорнии допустимо превышение массы на 900 кг, но этого для производителей по-прежнему мало. Например, для PepsiCo это означает уменьшение числа перевозимых паллет с 22 до 20.

Еще один ограничивающий фактор, инфраструктура. Tesla Semi привязан к месту с зарядками Megacharger, а других подобных станций для тягачей пока почти нет. Существующие станции для легковых электромобилей не подходят по мощности и конструкции. Это заставляет часто возвращаться на базу, а планы по расширению зарядной сети отстают.

Компания Amazon, один из крупнейших игроков на рынке электронной коммерции с оборотом более 500 миллиардов долларов, сотрудничает с американской компанией Rivian, которая специализируется на выпуске электрических фургонов для доставки. Партнерство между ними началось в 2019 году в рамках амбициозного плана Amazon добиться углеродной нейтральности к 2040 году. В рамках этого проекта Amazon заказала 100 000 кастомизированных электрофургонов Rivian, что стало крупнейшим в мире заказом на электротранспорт с примерной стоимостью до 7 миллиардов долларов.

Фургоны, разработанные специально для нужд Amazon, выпускаются в трех различных размерах. Они способны проезжать до 240 километров на одной зарядке и оборудованы уникальными для компании функциями. Среди них — навигация с голосовым помощником Alexa, позволяющая выбирать оптимальные маршруты, цифровые ключи, управление грузовым отсеком, камеры кругового обзора для безопасности, низкая погрузочная платформа для удобства загрузки, встроенные полки и климат-контроль с возможностью дистанционного управления.

Amazon активно вкладывает средства в развитие зарядной инфраструктуры на своих складах и распределительных центрах, устанавливая тысячи зарядных портов и используя солнечные электростанции. Для водителей организованы специальные программы обучения работе с электрофургонами, а систему управления транспортом с использованием искусственного интеллекта применяют для оптимизации маршрутов и зарядки.

По состоянию на 2023 год более 10 000 таких электрофургонов доставили свыше 260 миллионов посылок, что помогло компании сократить выбросы углекислого газа примерно на 150 000 тонн. Использование электрофургонов позволило снизить операционные расходы на 30–40 процентов, поскольку электроэнергия обходится в три-четыре раза дешевле дизельного топлива, а техническое обслуживание — примерно в два раза дешевле. Благодаря низкому уровню шума электрофургоны могут работать в ночное время, что расширяет время доставки.

Электрофургоны отлично подходят для доставки на последнем участке маршрута с ежедневным пробегом от 80 до 120 километров, особенно там, где электросети не испытывают ночной перегрузки. Их эффективность выше дизельных аналогов благодаря функции рекуперации энергии при торможении. Экономия топлива и снижение затрат на обслуживание достигают от 35 до 40 процентов. Кроме того, тихая работа транспорта снижает стресс у водителей и уменьшает шумовое загрязнение в городах, а также формирует положительный экологический имидж для компании.

Основным недостатком электрофургонов остается высокая цена — около 70–80 тысяч долларов против 35–45 тысяч долларов у дизельных моделей. Для полноценного внедрения требуется значительная модернизация электросетей, что влечет за собой дополнительные финансовые и временные затраты. Кроме того, тесная зависимость от производителя Rivian создает риски при возможных задержках поставок. В условиях суровых зим или жаркого лета запас хода электрофургонов снижается из-за дополнительного потребления энергии на обогрев и охлаждение. Переобучение водителей и техперсонала также потребовало серьезных усилий и привело к высокой текучести кадров.

Несмотря на эти сложности, сотрудничество Amazon и Rivian создает новые стандарты экологичной и эффективной доставки последней мили, позволяя существенно снижать углеродный след и сокращать операционные расходы.

Что касается России, полное копирование моделей Tesla и PepsiCo маловероятно, однако целесообразно запускать пилотные проекты на ключевых магистралях М-11 (Москва – Санкт-Петербург) и М-12 (Москва – Казань), сосредотачиваясь на создании зарядных хабов.

Электрогрузовики здесь наиболее эффективны для коротких челночных рейсов между складами, где они могут быстро возвращаться на зарядку. Важным направлением является развитие отечественных разработок, в частности КАМАЗа, локализация производства аккумуляторов и строительство собственной зарядной инфраструктуры. Электрический транспорт будет эффективно использоваться в мультимодальных логистических решениях, включая доставку «последней мили» от железнодорожных терминалов до конечных клиентов. Для масштабного внедрения электрогрузовиков необходима государственная поддержка в виде субсидий, льготных кредитов и создания экологических зон с ограничениями для дизельного транспорта.

Этот пример весьма перспективен для России, где крупные ритейлеры и компании электронной коммерции, такие как Ozon, Wildberries, «Яндекс.Маркет», X5 и Магнит, уже готовы начать электрификацию своих парковых автопарков для доставки на «последней мили». Например, Ozon испытывает электрофургоны, Wildberries и «Яндекс.Маркет» обладают потенциалом их применения, а X5 уже устанавливает зарядные станции на своих dark store.

На российском рынке доступны отечественные электрофургоны, такие как «ГАЗель e-NN» с запасом хода до 200 км и КАМАЗ-Компас, а компания «Москвич» разрабатывает собственный вариант фургона. Локализация производства позволит снизить стоимость электромобилей до 2,5–3,5 миллионов рублей. Почта России с парком более 40 тысяч автомобилей является отличным кандидатом для внедрения электромобилей на городской доставке, где ежедневные пробеги составляют 50–80 км, а базы доставки облегчают процесс зарядки. В сегменте доставки продуктов компании «Самокат», «Яндекс.Лавка» и «СберМаркет» активно используют электрофургоны для перевозок на короткие дистанции.

Для устойчивого развития отрасли требуется государственная поддержка: субсидии до 30%, льготный лизинг, ускоренная амортизация, гранты на развитие зарядной инфраструктуры и приоритет отечественным производителям. Планируется введение пилотных «зеленых» зон доставки с ограничением доступа дизельного транспорта, например, в Москве, Санкт-Петербурге, Сочи и Крыму, что создаст дополнительный спрос на электрофургоны. Также рассматривается интеграция зарядных станций с инфраструктурой троллейбусов, метро и трамвайных депо, а также стандартизация зарядных

устройств для совместимости с легковыми и коммерческими электро-мобилями. Малые и средние компании смогут объединяться в зарядные хабы по модели «зарядка как сервис», а девелоперы и крупные АЗС включать зарядные пункты в свои проекты.

Российские IT-решения по управлению зарядкой и оптимизации маршрутов обладают значительным экспортным потенциалом, особенно для стран СНГ и развивающихся рынков с активным ростом городской доставки.

2.3. Специальная техника. Портовые тягачи

Westwell – китайская компания из Шанхая, основанная в 2015 году как стартап в сфере ИИ и автономного транспорта. Она разработала полностью автономный электрический портовый тягач Q-Truck (представлен на рисунке 13), специально созданный для работы на ограниченной территории портов и логистических терминалов¹². В отличие от Tesla Semi, он оптимизирован под короткие маршруты с частыми остановками и сложными маневрами. Основные площадки внедрения — порты Циндао, Тяньцзинь, Жичжао, а также терминалы в Таиланде, ОАЭ и других странах. Westwell начинала с систем компьютерного зрения и распознавания контейнеров, а с 2018 года быстро развивалась: первый прототип тягача был представлен в 2018-м, а с 2019 года компания начала коммерческие поставки. К 2024 году Westwell поставила свыше 200 таких автономных тягачей по всему миру.

¹² Источник: 100 More Autonomous Trucks for Felixstowe. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.logisticsbusiness.com/transport-distribution/lorries-vans-trailers/100-more-autonomous-trucks-for-felixstowe/> (дата обращения: 15.11.2025).



Рисунок 13 – Westwell (КНР) электрический беспилотный грузовик - Q-Truck

С 2021 года в порту Жичжао функционирует флот из 76 автономных электротягачей Q-Truck, общая стоимость которых составляет около 150 миллионов юаней, что примерно равно 22 миллионам долларов. Один тягач стоит от 1,5 до 2 миллионов юаней, примерно 220–300 тысяч долларов, что сопоставимо с ценой традиционной техники, учитывая уровень автоматизации. Кроме того, еще 38 таких тягачей эксплуатируются на терминале в Циндао. Проект получил поддержку от правительства и крупных венчурных фондов.

Эти тягачи способны перевозить контейнеры различных размеров — 20-, 40- и 45-футовые – с грузоподъемностью до 75 тонн. В основе их энергосистемы лежит литий-железо-фосфатная батарея емкостью 281 киловатт-час, которой хватает примерно на 200 километров, что вполне достаточно для суточной работы в порту при максимальной скорости до 30 км/ч. Главной особенностью техники является автономное управление уровня L4, которое задействует лидары, камеры, радары и точную GPS-навигацию. Искусственный интеллект создает трехмерную карту порта и самостоятельно управляет грузовиками.

Организация зарядки хорошо продумана: основная зарядная станция мощностью 120 кВт позволяет полностью зарядить тягач за

два с половиной часа, а на местах ожидания установлены беспроводные зарядные устройства мощностью 60 кВт, которые позволяют подзаряжаться без простоев.

Электротягачи интегрированы с портовой системой управления, которая оптимизирует маршруты, планирует задачи и следит за уровнем заряда батарей. Тягачи эффективно взаимодействуют с другими машинами и оборудованием в порту, обеспечивая плавный и безопасный переход к автономному режиму работы без сбоев.

За два года работы этот флот перевез более 1,5 миллиона TEU (единиц двадцатифутовых эквивалентов), что позволило увеличить производительность на 28% благодаря круглосуточной эксплуатации и снижению ошибок. Операционные расходы снизились на 35%, что стало возможным за счет отсутствия необходимости в водителях, замене топлива на электричество и снижении затрат на техническое обслуживание. Количество аварий уменьшилось на 90%, при этом за все время зафиксировано всего три незначительных инцидента без пострадавших.

Однако есть и недостатки. Высокая стоимость тягачей — они стоят в 2–3 раза дороже дизельных аналогов, а также требуются значительные вложения в инфраструктуру и обучение персонала. Сложность системы создает риски технических сбоев и киберугроз, при этом поддержку программного обеспечения обеспечивает исключительно производитель. Социально-политические вызовы связаны с потерей рабочих мест и сопротивлением со стороны профсоюзов. Данная техника эффективна преимущественно в строго контролируемой портовой среде и имеет ограничения при работе в плохую погоду. Отсутствие международных стандартов и нормативно-правовых актов, регулирующих ответственность за аварии, добавляет сложности в управлении и внедрении.

В целом проект Q-Truck демонстрирует заметное повышение эффективности, безопасности и экологичности, открывая перспективы для модернизации портовой логистики.

Для России подобные автономные электротягачи представляют перспективное направление, особенно для развития портовой и логистической инфраструктуры. Новые глубоководные порты, такие как Тамань, Усть-Луга, Новороссийск, а также терминалы Санкт-Петербурга, подходят для внедрения такой техники и создания сопутствующей инфраструктуры. Арктические порты, такие, как Сабетта,

Мурманск, Архангельск требуют адаптации оборудования к суровым климатическим условиям, но при этом смогут существенно улучшить экологическую ситуацию и безопасность. Перспективными являются и интермодальные терминалы в Москве, Екатеринбурге, Новосибирске.

Специальные экономические зоны и индустриальные парки, такие как Алабуга, Липецк и Тольятти, могут стать пилотными площадками для внедрения новых технологий с поддержкой государства. КАМАЗ и его партнеры уже развивают отечественные автономные электротягачи, что снижает зависимость от импортного оборудования.

Для успешного внедрения необходимо создание регуляторной базы, проведение пилотных проектов на двух–трех портах, разработка национальных стандартов безопасности и включение стимулов в государственные программы. Государственно-частное партнерство станет важным фактором привлечения инвестиций.

2.4. Специальная техника. Электрификация карьерных самосвалов

Крупные мировые производители горной техники, такие как Caterpillar, Komatsu, Liebherr и Hitachi, совместно с ведущими горнодобывающими компаниями BHP, Rio Tinto, Anglo American и Fortescue активно внедряют электрические технологии в карьерные самосвалы. Среди них особое место занимает белорусский производитель БЕЛАЗ, который лидирует среди сверхтяжелых самосвалов и занимает около 30% мирового рынка в этом сегменте.

Переход на электротягу в горной технике обусловлен несколькими причинами. Во-первых, самосвалы потребляют огромные объемы дизельного топлива — до 3 миллионов литров в год на одну машину при круглосуточном режиме работы. Во-вторых, в глубоких карьерах возникает серьезная проблема с вентиляцией выхлопных газов. В-третьих, рельеф с постоянными подъемами и спусками хорошо подходит для использования рекуперации энергии.

Первые попытки электрификации относятся к 1970-м годам, когда применялись дизель-троллейные системы в СССР и США. Значительный прогресс произошел в последние десять лет благодаря развитию литийионных батарей и современных систем управления, что позволило значительно повысить как экологическую, так и экономическую эффективность техники.

Дизель-троллейные самосвалы работают с дизель-электрической трансмиссией, на подъемах подключаясь к контактной сети через панты, отключая двигатель и удваивая мощность привода. БЕЛАЗ выпускает такие модели, которые могут развивать скорость на подъемах до 15 км/ч, по сравнению с 5–7 км/ч при дизельном приводе.

Полностью аккумуляторные самосвалы, например швейцарский eDumper на базе Komatsu, имеют батарею емкостью около 700 кВт·ч. При движении со спуска используется рекуперация, которая позволяет генерировать больше энергии, чем расходуется при подъеме.

Гибридные системы с накоплением энергии в маховиках или суперконденсаторах применяет Caterpillar. Это позволяет быстро накапливать и отдавать энергию в циклах частых торможений и ускорений.

Испытания водородных топливных элементов ведутся Anglo American совместно с Williams Advanced Engineering. На руднике в ЮАР тестируют 2-мегаваттный водородный самосвал, где водород производится на месте с помощью солнечной энергии, что создает полностью «зеленый» цикл.

Таким образом, горнодобывающая отрасль быстро переходит на электротягу, внедряя инновационные решения, которые снижают затраты, увеличивают производительность и сокращают экологический след.

В Северной Америке рудник Copper Mountain в Британской Колумбии стал одним из первых, где применена троллейная система для самосвалов. В 2018 году построена контактная сеть длиной 6 км с уклоном 10%. Парк включает 7 самосвалов Hitachi EH3000AC-3 грузоподъемностью 180 тонн с пантографами. Проект обошелся в 28 миллионов канадских долларов. За пять лет удалось сэкономить 3,5 миллиона литров дизельного топлива в год, увеличить скорость подъема в два раза, повысить производительность рудника на 15%, а выбросы CO₂ сократить на 9 500 тонн ежегодно. Инвестиции окупились за 3,5 года — достойный пример устойчивого развития.

В Европе, на крупнейшем открытом медном руднике Aitik, с 2021 года испытывают полностью электрические самосвалы Epiroc MT42 Battery грузоподъемностью 42 тонны с батареями 550 кВт·ч, работающие на «зеленой» электроэнергии местных ГЭС. В карьере установлены зарядные станции мощностью 450 кВт и система быст-

рой замены батарей за 6 минут. Такая технология снизила операционные расходы на 25%, стоимость электроэнергии составляет 0,08 евро за километр против 0,35 евро у дизельных машин. Кроме того, затраты на вентиляцию карьера уменьшились на 40%.

В России проект «Цифровой рудник», созданный БЕЛАЗом совместно с «ВИСТ Групп», предусматривает автономные электрические самосвалы БелАЗ-7513R с дизель-троллейной системой (представлен на рисунке 14) и 4 уровнем автономии с интеграцией в диспетчерскую систему и применением предиктивной аналитики¹³.



Рисунок 14 – БелАЗ-7513R (беспилотный самосвал)

За первый год техника повысила эффективность работы с 65% до 85% рабочего времени, снизила расход топлива на 35% и повысила безопасность без аварий. Электрификация сократила дизель на более чем половину, электромоторы удвоили скорость подъема, увеличив общую производительность. Плюс — снижение шума, снижение затрат на вентиляцию, улучшение условий труда, увеличение интервалов ТО и тройной рост срока службы тормозов. Экологический эффект — снижение выбросов CO₂ до 95–100%. Есть и минусы:

¹³ Источник: БелАЗ-7513R (беспилотный самосвал). [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.tadviser.ru/index.php> (дата обращения: 15.11.2025).

высокие первоначальные затраты, ограниченная гибкость троллейных систем, вопросы надежности батарей в суровых условиях, отсутствие единых стандартов и сопротивление индустрии переменам. Несмотря на это, проект показывает большой потенциал экономии, повышения безопасности и устойчивого развития.

Для России это направление очень актуально, так как страна одна из крупнейших в горнодобыче с тысячами карьерных самосвалов в регионах Кузбасса, Якутии, Урала и Мурманской области. Электрификация может сэкономить более 10 миллиардов рублей в год на топливе. Особенно важна она для Арктики, где доставка дизтоплива дорогая и сложная, но есть избыток электричества от ГЭС и АЭС. Горнодобывающие компании все больше вкладывают в возобновляемые источники энергии, что хорошо сочетается с электрификацией транспорта и позволяет использовать «зеленую» энергию с рекуперацией. Важное значение имеют локализация производства ключевых компонентов – электродвигателей, электроники, батарей и IT-систем. Уже есть сотрудничество с БЕЛАЗом, «Русэлпромом», «Рэнерой» и другими, создание совместных предприятий поможет снизить зависимость от импорта и развить экспорт. Для успешного внедрения нужны пилоты на крупных площадках – «Норникеле», АЛРОСе, СУЭКе, «Михайловском ГОКе» и «Качканарском ГОКе», а также государственная поддержка по линии программы СПИК 2.0. Создание национального испытательного полигона позволит проводить тесты в отечественных условиях, обучать персонал и демонстрировать инновации. Интеграция с цифровыми системами управления сделает возможной оптимизацию маршрутов, прогнозирование зарядок, эффективное обслуживание и создание цифровых двойников предприятий.

Опыт работы в сложных климатических условиях дает России преимущество на рынках СНГ, Монголии, Африки и Латинской Америки, где востребованы инновационные электрифицированные решения. Для успешной реализации важно подготовить квалифицированные кадры – водителей, механиков, энергетиков и инженеров на профильных учебных базах. Необходима развитая нормативная база с регламентами безопасности, стандартами зарядной инфраструктуры, экологическими нормами и налоговыми льготами. Координацию осуществляют Ростехнадзор, Минприроды и Минпромторг.

Выводы по главе 2

Мировой опыт показал активное внедрение экологически чистых и цифровых технологий во различных сегментах мобильности и логистики. В пассажирской мобильности лидерами являются страны и города, успешно трансформирующие личный транспорт, городскую инфраструктуру и общественный транспорт, делая упор на электрификацию и комфорт. В грузовой логистике набирает развитие электрификация как магистральных перевозок, так и городской доставки, а высокотехнологичные автономные решения в портовой логистике демонстрируют рост эффективности и снижения выбросов. Особенно важен переход на электрификацию и цифровизацию специализированной техники, включая карьерные самосвалы, где передовые технологии и автоматизация становятся ключевыми факторами устойчивого развития.

Для России эти глобальные тенденции открывают значительные возможности, но требуют учета национальных особенностей. Важно развитие и локализация отечественных технологий, создание инфраструктуры и комплексная поддержка на государственном уровне. Электрогрузовики и электрофургоны оптимальны для региональных и городских перевозок с возможностью пилотных проектов по созданию зарядной инфраструктуры. Автономные электротягачи и портовые решения имеют потенциал для внедрения в ключевых промышленных и арктических регионах с учетом климатических и логистических условий.

Особое внимание следует уделить электрификации карьерной техники в горной промышленности, где Россия обладает масштабным потенциалом. Переход на электрифицированный парк позволит значительно снизить затраты и улучшить экологическую ситуацию, особенно в удаленных и экстремальных регионах. Для успешной реализации необходимы пилотные проекты, развитие национальных стандартов, нормативных актов и профессиональной подготовки кадров.

Комплексный подход, включающий внедрение инновационных технологий, развитие инфраструктуры, государственную поддержку и кадровое обучение, создаст условия для эффективного и устойчивого энергоперехода. Это позволит России не только адаптировать мировые достижения с учетом специфики рынка и региона, но и стать лидером в продвижении экологических и цифровых решений, а также расширить экспортные возможности на международных рынках с похожими условиями.

Глава 3. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ СЕГМЕНТОВ РЫНКА

Энергопереход в транспорте — это в первую очередь технологическая революция, сравнимая по масштабу с переходом от паровых двигателей к двигателям внутреннего сгорания в начале XX века. Скорость распространения электротранспорта, его экономическая целесообразность и решение ключевых проблем (запас хода, стоимость, время зарядки, долговечность) напрямую зависят от прогресса в ряде критически важных технологических областей. Эти тенденции формируют не только облик самого электромобиля, но и всей экосистемы вокруг него — от производства и инфраструктуры до бизнес-моделей и потребительского поведения.

3.1. Технологии аккумуляторных батарей. Системы управления батареями (BMS)

Однако основной барьер для массового перехода – высокая стартовая цена электромобилей, во многом определяемая стоимостью аккумуляторной батареи, которая составляет около 30–40% стоимости машины.

По данным Bloomberg NEF, за последние десять лет стоимость литийионных батарей значительно упала с 1200 долларов за киловатт-час в 2013 году до примерно 130 долларов в 2025-м (динамика показана на рисунке 15). Это снижение активно стимулировало рост популярности электромобилей. Чтобы полностью сравняться в цене с обычными машинами, аккумуляторы должны стоить около 60–80 долларов за киловатт-час, что возможно только при внедрении новых технологий и материалов, а также более эффективных методов производства. Прогнозируется, что при достижении уровня \$100 за кВт·ч производство электромобилей станет экономически более выгодным, чем автомобилей с двигателями внутреннего сгорания, даже без дополнительной финансовой поддержки.

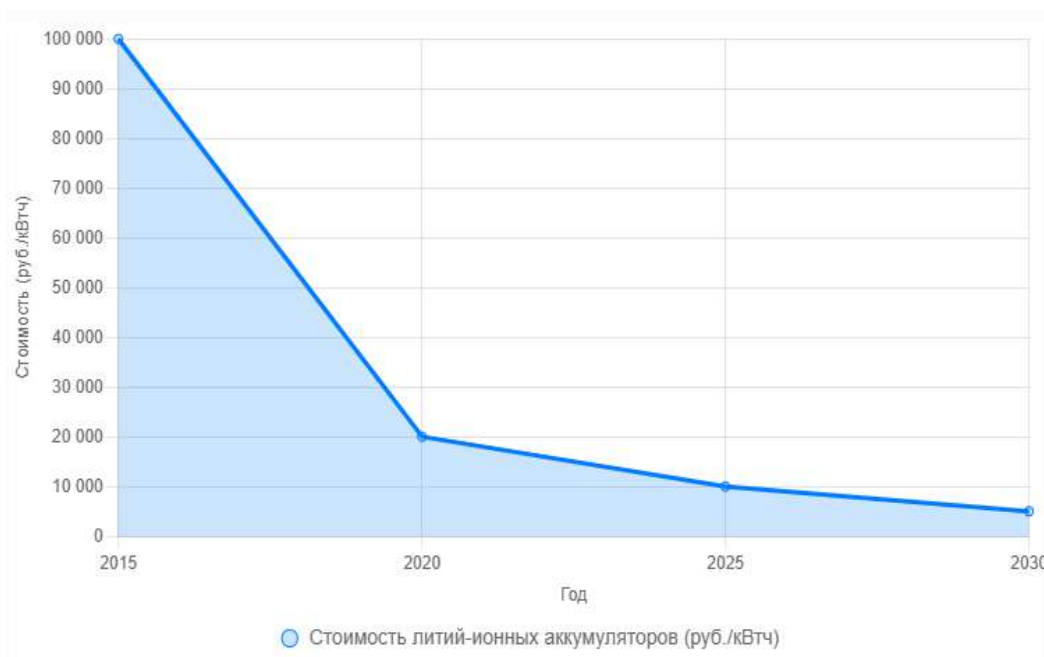


Рисунок 15 – Снижение стоимости литийионных аккумуляторов

Хотя электромобили во многих сегментах дороже своих бензиновых и дизельных аналогов, особенно без учета субсидий, именно цена в автосалоне часто определяет выбор покупателей. Примерно так произошло в Германии, где сокращение субсидий привело к снижению продаж, показывая, что ценовой паритет еще не достигнут.

Кроме того, значительно улучшилась емкость аккумуляторов, что позволило существенно увеличить запас хода электромобилей и решить проблему «тревоги о запасе хода». Первые массовые модели, такие как Nissan Leaf первого поколения, могли проехать около 120–150 км без подзарядки. Сейчас же средний запас хода новейших электрокаров достигает 400–500 км по циклу WLTP, в то время как премиальные модели, такие как Lucid Air и Tesla Model S, преодолевают расстояния до 600–700 км. Это расширяет возможности электромобилей для повседневного использования как в городе, так и на междугородних маршрутах¹⁴.

Аккумуляторы NMC (никель, марганец, кобальт) остаются наиболее распространенными. Они имеют высокую энергоемкость и ресурс, но изготовление усложнено из-за роста доли никеля и проблем с этической добычей кобальта. Стоимость таких батарей составляет

¹⁴ Источник: СНЭ: системы накопления энергии и зачем они нужны. [Электронный ресурс]. – URL: <https://tokarsenal.ru/chto-takoe-sistemy-nakopleniya-energii-i-zachem-oni-nuzhny> (дата обращения: 15.11.2025).

около 130–150 долларов за киловатт-час. Вторым по популярности типом являются литий-железо-фосфатные (LFP) батареи. Они дешевле, безопаснее и служат дольше, хотя пока уступают по энергоемкости. У LFP высокий ресурс, а потери емкости при эксплуатации минимальны. Благодаря улучшениям и росту спроса, LFP становятся все более распространенными: их доля на рынке может достигнуть 60% к 2030 году. Кроме того, развиваются натрийионные батареи, которые используют доступный натрий вместо лития. Их прогнозируемая стоимость значительно ниже, а морозостойкость делает эти аккумуляторы выгодными для холодных регионов. Производство таких батарей уже ведут несколько компаний, в том числе для городского транспорта.

В перспективе твердотельные батареи с твердым электролитом, которые обещают значительно повысить энергоемкость и срок службы, а также расширить рабочий температурный диапазон. Сегодня они еще дороже и требуют решения технологических задач, но лидеры рынка активно их разрабатывают. Параллельно разрабатываются литийметаллические и другие альтернативные батареи с высоким потенциалом для электромобилей и даже авиации. Новые методы производства, такие как сухое нанесение электродов и 3D-структурирование, помогают повысить емкость, снизить затраты и улучшить качество аккумуляторов.

Современные системы управления батареями (BMS) позволяют еще эффективнее контролировать процессы зарядки, разрядки и обеспечивают безопасность работы аккумуляторов, что важно для надежности и долговечности электромобилей. BMS нового поколения значительно расширили свои возможности благодаря применению искусственного интеллекта (ИИ), что позволяет не только контролировать энергоемкость и безопасность аккумуляторов, но и значительно продлевать срок их службы. Современные BMS используют алгоритмы ИИ для прогнозирования состояния отдельных ячеек батареи, что помогает выявлять потенциальные сбои и деградацию задолго до ухудшения работы. Это дает возможность заблаговременно корректировать режимы эксплуатации. Искусственный интеллект также оптимизирует процессы зарядки, распределяя нагрузку между ячейками в зависимости от их текущего состояния, снижая износ и повышая долговечность батареи. Кроме того, современные системы способны с точностью до $\pm 2\%$ прогнозировать остаточный пробег

транспортного средства или устройства, что крайне важно для планирования эксплуатации и логистики зарядных операций.

В последние годы активно развиваются беспроводные технологии управления батареями, которые заменяют традиционную проводную схему связей между контроллерами ячеек на каналы беспроводной связи. Это позволяет уменьшить вес и объем системы, упростить сборку и повысить надежность, исключив проблемы с проводкой. Ключевые игроки в разработке таких решений — компании Texas Instruments и Analog Devices, которые представляют готовые микроконтроллеры и комплекты для реализации беспроводных BMS, работающие с низким энергопотреблением и высокой скоростью передачи данных. Эти разработки интегрируются в концепции Интернета вещей (IoT) и индустрию 4.0, когда батареи становятся элементами сложных цифровых экосистем, обеспечивая постоянный мониторинг, диагностику и управление в реальном времени с помощью облачных сервисов. Такой подход существенно повышает надежность, безопасность и экономическую эффективность использования аккумуляторных батарей в электромобилях, мобильных устройствах и промышленных системах.

3.2. Вторая жизнь и рециклинг

Когда аккумуляторные батареи электромобилей теряют около 20–30% своей первоначальной емкости и перестают подходить для эксплуатации в автомобилях, они находят новое применение в качестве стационарных систем накопления энергии. Такие батареи отлично подходят для использования в домашних и промышленных аккумуляторных системах, где требования к плотности и весу энергии менее критичны. Например, компания Nissan перерабатывает батареи от своих электромобилей Leaf, используя их в системах домашнего энергоснабжения. Эти стационарные накопители позволяют домовладельцам хранить электроэнергию и использовать ее при необходимости, например, при отключениях электричества или для сглаживания нагрузки от солнечных панелей. Это обеспечивает экономию и повышает автономность домов.

BMW также активно развивает вторичное использование аккумуляторов, создавая домашние и коммерческие хранилища энергии,

которые поддерживают работу зарядных станций для электромобилей. Это позволяет управлять пиковыми нагрузками, снижая давление на сеть и увеличивая эффективность использования энергии.

Mercedes-Benz выходит на промышленный уровень, реализуя крупные аккумуляторные системы емкостью около 20 МВт·ч для энергетических нужд предприятий и инфраструктурных объектов. Такие масштабные решения способствуют развитию устойчивой энергетики и интеграции возобновляемых источников энергии.

В переработке аккумуляторов для электромобилей существует три основных направления. Первое – это метод, при котором материалы из батарей извлекаются с помощью химических или термических процессов, позволяющих вернуть до 95% ценных металлов, таких как литий, никель и кобальт. Второе – прямой рециклинг, когда материалы восстанавливаются без полного разрушения, что снижает расходы и сохраняет свойства. Третий метод биологический, использующий микроорганизмы для извлечения металлов экологичным способом.

3.3. Инновационная зарядная инфраструктура

Зарядная инфраструктура – это «кровеносная система» электромобилей, от которой зависит, насколько удобно и быстро можно пополнить заряд. За последнее десятилетие технологии шагнули далеко вперед: медленные домашние зарядки с мощностью около 3,7 кВт, требующие нескольких часов, уступили место ультрабыстрым станциям мощностью 150–350 кВт и более. Они позволяют зарядить автомобиль на сотни километров всего за 15–30 минут. Современные сверхбыстрые зарядные станции работают на высоком постоянном напряжении 800–1000 В, оснащены силовыми модулями на основе карбид-кремниевых полупроводников с высоким КПД и жидкостным охлаждением, что обеспечивает эффективность и безопасность зарядки. Такие станции активно развивают по всему миру и предлагают мощности до 350–480 кВт, а для электрогрузовиков создаются мегаваттные зарядки с мощностью до нескольких мегаватт.

Вместе с этим развивается и беспроводная зарядка мощностью 7–22 кВт, которая становится все более доступной и стандартизированной. В некоторых странах уже тестируют динамическую зарядку

– индуктивные катушки, встроенные в дороги (представлена на рисунке 16), дают возможность подзаряжать авто во время движения, что значительно увеличит запас хода и уберет необходимость часто останавливаться для зарядки¹⁵.



Рисунок 16 – Индуктивные катушки, встроенные в дороги

Так как высокомоощные зарядные станции создают большую нагрузку на электросети, для ее снижения применяют локальные аккумуляторы, подключения к высоким напряжениям и интеллектуальное управление распределением нагрузки. Экономика зарядных станций требует значительных инвестиций, с окупаемостью обычно от 2 до 7 лет в зависимости от спроса и региональных особенностей. В некоторых странах, например, в Великобритании, владельцы электромобилей уже могут получать дополнительный доход, а операторы — экономить на электроэнергии.

¹⁵ Источник: «Умная дорога»: беспроводная зарядка электромобилей от Electreon. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.stena.ee/blog/%C2%ABumnaya-doroga%C2%BB-besprovodnaya-zaryadka-elektromobilej-ot-electreon> (дата обращения: 15.11.2025).

Одной из самых перспективных технологий зарядки становится Vehicle-to-Grid (V2G), превращающая электромобили не просто в потребителей, а в активных участников энергетической системы. В моменты высокого спроса электрические автомобили могут отдавать энергию обратно в сеть, а также служить резервным источником питания для дома или бизнеса. Для этого нужны двунаправленные зарядные устройства, умные инверторы и соответствующие стандарты связи.

Практические варианты V2G включают:

- Умное управление зарядкой (V1G), когда автомобиль заряжается в периоды низких тарифов, снижая нагрузку на сеть и экономя электроэнергию.
- Использование электромобиля как резервного источника энергии для дома (V2H), что обеспечивает автономное питание в течение нескольких дней.
- Подачу энергии в коммерческие здания и участие в программах управления нагрузкой (V2B).
- Полноценное включение в энергосистему для регулирования параметров сети, продажи энергии и балансировки нагрузки.

Проекты с V2G уже демонстрируют успех: в Дании водители могут зарабатывать на этом до 1300 евро в год, а нагрузка на сеть снижается. В Нидерландах создаются экосистемы с сотнями двунаправленных станций и возобновляемыми источниками энергии, а в Великобритании запускаются масштабные коммерческие программы.

Роботизированная зарядка электромобилей – перспективное направление, которое позволяет обеспечить удобство процесса. Особенно полезна на парковках без стационарной инфраструктуры. Два основных направления развития: мобильные зарядные роботы и автоматические коннекторы. Volkswagen и EV Safe Charge создают роботов, которые самостоятельно подъезжают к автомобилю, подключают зарядку и уезжают.

Это удобно для жилых комплексов и офисных парковок. Стационарные решения разрабатывают Tesla с гибким «змееподобным» коннектором и Ford с роботизированной рукой для коммерческих парковок. Цель – полностью автоматизировать зарядку, что важно для автономных электромобилей.

Преимущества очевидны: экономия времени, повышение комфорта и минимум усилий со стороны владельца, достаточно просто дать команду через приложение, а робот выполнит подключение и отключение. Такие системы решают проблемы с ограниченной инфраструктурой, позволяют эффективно использовать пространство на парковках и облегчают зарядку в сложных условиях, например, в тесных гаражах или на объектах с большим количеством авто.

Современные роботы для зарядки включают роботизированную руку, систему визуального восприятия и зарядный пистолет. Они способны точно определять местоположение зарядного порта, автоматически открывать крышку, подсоединять кабель, поддерживать надежное соединение до завершения процесса и аккуратно отключать зарядку. Весь процесс контролируется через мобильные приложения, что позволяет владельцам дистанционно управлять зарядкой. Развитие искусственного интеллекта и машинного зрения обеспечивает высокую точность работы роботов и их безопасность, они умеют распознавать окружающих людей и автомобили, корректируя свои движения. Пионерами в этой области стали Volkswagen с прототипом интеллектуального робота, который может самостоятельно подъезжать к электромобилю и выполнять зарядку, а также проект EV Safe Charge с мобильным роботом Ziggy, который обслуживает парковки без стационарных станций. В 2020 году компания Xiangyi Automation Technology выпустила роботов-змеевиков, способных работать с быстрой и медленной зарядкой, управляемых через облако. Они устойчивы к различным климатическим условиям и рассчитаны на долгий срок службы.

Другие интересные разработки – концепт Power Bank от Volkswagen, который перемещает аккумуляторные блоки и заряжает авто прямо на парковке, устраняя необходимость строить зарядные станции возле каждого места конструкция¹⁶. На рисунке 17 представлена такая роботизированная «рука»

¹⁶ Источник: Volkswagen работает над роботом, который будет искать электрокары на парковке и дозаряжать их. [Электронный ресурс]. – URL: https://trash-box.ru/link/2019-12-27-volkswagen-charging-robot?utm_medium=organic&utm_source=yandexsmartcamera (дата обращения: 15.11.2025).



Рисунок 17 – Роботизированная «рука»

Эти решения позволяют не только повысить удобство, но и существенно снизить затраты на инфраструктуру в жилых и коммерческих комплексах. Роботы автоматически планируют и оптимизируют процесс зарядки, что позволяет интегрировать их с умными домами и городскими энергосистемами для экономии энергии и снижения нагрузки на сеть. Технологии находятся на этапе пилотных проектов и демонстраций, но уже сегодня показывают высокую эффективность и перспективы широкого внедрения. Учитывая быстрый рост рынка электромобилей и переход к автономному вождению, такие роботизированные системы зарядки скоро могут стать стандартом, полностью меняя пользовательский опыт и инфраструктуру зарядки.

Зарядная инфраструктура в России развивается активно, поддерживая рост рынка электромобилей. Одним из важных направлений становится технология V2G, помогающая сглаживать нагрузки и поддерживать энергоустойчивость. В России уже реализуются пилотные проекты, формируется нормативная база и создаются системы для двунаправленной зарядки.

3.4. Новые материалы и технологии в производстве электромобилей

Новые материалы и технологии в электромобилях постоянно улучшают их эффективность и экологичность, облегчая конструкцию и уменьшая углеродный след. Сегодня алюминиевые сплавы широко применяются для снижения веса – например, за счет использования крупных алюминиевых деталей вместо множества мелких, что позволяет снизить массу машины на 30% и ускорить сборку. Углеродное волокно становится все более популярным благодаря

своей прочности и низкому весу. Его используют для создания модулей кузова, благодаря чему конструкции становятся легче и жестче. Снижение цены на этот материал способствует его более широкому применению.

Современная сталь, усиленная горячей штамповкой, позволяет создавать прочные кузова с высокой степенью безопасности, как, например, в нержавеющей кузове Tesla Cybertruck. Параллельно развивается технология 3D-печати, которая применяется для изготовления сложных деталей моторов и систем охлаждения, сокращая вес и повышая эффективность.

Важной тенденцией становится устойчивое производство: предприятия активно используют переработанные материалы и вторсырье, а также переходят на углеродно-нейтральные процессы и возобновляемую энергетику, что снижает экологический след всей индустрии. Ряд производителей разрабатывает специальные архитектуры автомобилей, объединяющие алюминиевую платформу с композитным кузовом (представлено на рисунке 18). Такая конструкция обеспечивает легкость, жесткость и безопасность, а также ускоряет сборку и снижает вес¹⁷.



Рисунок 18 – LifeDrive архитектура BMW из алюминиевой платформы с двигателем, подвеской, коробкой передач и аккумуляторными батареями, внешнего кузова из углепластика

¹⁷ Источник: Новости мирового автопрома. Почему BMW Group делает ставку на углепластик и как создаются углепластиковые элементы кузова для новых моделей концерна. [Электронный ресурс]. – URL: <https://fea.ru/news/6321> (дата обращения: 15.11.2025).

В России происходит постепенное развитие производства с использованием отечественных комплектующих, включая алюминиевые детали, электродвигатели и аккумуляторы, с участием крупных компаний. Параллельно идет работа по освоению композитных материалов и аддитивных технологий, в том числе 3D-печати деталей и элементов батарей.

Выводы по главе 3

Глобальный рынок электромобилей демонстрирует устойчивый рост: по данным Международного энергетического агентства, аналитических компаний и опрошенных экспертов, в 2025 году продажи электромобилей превысят 20 миллионов единиц, что составит более четверти всех новых легковых автомобилей в мире. Лидером остается Китай, обеспечивающий до 60% мирового рынка благодаря масштабному производству, субсидиям и развитию инфраструктуры. Европа также демонстрирует значительный рост, несмотря на сложности с субсидиями и ценовыми ограничениями. В Северной Америке и остальных регионах наблюдаются разнонаправленные тенденции с перспективой дальнейшего расширения электромобильного сегмента.

В технологическом плане ключевое значение имеют усовершенствования аккумуляторных систем и BMS нового поколения, обеспечивающие повышенный ресурс, безопасность и адаптивность батарей. Возрастающее внимание уделяется вторичной жизни аккумуляторов и комплексному рециклингу, что создает основу устойчивого и экологичного развития отрасли. Зарядная инфраструктура продолжает расширяться, с акцентом на ночные и дневные тарифы, а также внедрение новых возможностей, таких как двунаправленная зарядка.

Материаловедение и производственные технологии в электромобилях стремительно развиваются: широкое применение находят легкие алюминиевые сплавы, углеродное волокно и технологии 3D-печати, что снижает вес техники и повышает ее энергоэффективность. В мировом производстве заметной становится ориентация на энергоэффективность и устойчивость, включая использование возобновляемых источников энергии.

В России, по сравнению с мировыми трендами, сегмент электромобилей растет медленнее, но перспективы развития значительны. На фоне локализации производства аккумуляторов, собственной разработки BMS, поддержки государственных программ и расширения зарядной инфраструктуры ожидается ускорение внедрения электротранспорта.

Глава 4. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПЕРЕХОДА В РОССИИ

4.1. Основные факторы обеспечения энергетического перехода транспорта в России (анализ по методике PESTEL)

Энергетический переход транспортного сектора России представляет собой комплексную трансформацию, охватывающую политические, технологические, экономические, социальные, экологические и нормативные аспекты национальной экономики. В связи с этим был проведен анализ по методике PESTEL, обеспечивающей всестороннюю оценку факторов влияния на развитие электрифицированного и альтернативного транспорта.

Сводный анализ по методике PESTEL включает анализ по следующим факторам: Р (политические) факторы, Е (экономические факторы), S (социальные), Т (технологические), Е (экологические), L (нормативно – правовые).

4.1.1. Политические факторы энергетического перехода транспорта в России.

Государственная политика демонстрирует комплексный подход к развитию электротранспорта через систему взаимосвязанных мер. На федеральном и региональном уровнях реализуются программы, направленные на создание зарядной инфраструктуры – к 2030 году планируется ввод 28 тысяч высокомошных станций постоянного тока (мощность от 149 кВт). Особое внимание уделяется развитию как городской сети, так и инфраструктуры вдоль федеральных трасс. Параллельно осуществляется модернизация общественного транспорта через массовое внедрение электробусов, что способствует достижению экологических целей.

Государственная политика России в области энергетического перехода транспорта формируется на основе комплексного подхода, интегрирующего национальные приоритеты развития с международными обязательствами по климатической повестке.

- Федеральная стратегия включает следующие основные нормативные документы:
- – Стратегия развития автомобильной промышленности до 2035 года. Утверждена Распоряжением Правительства Российской Федерации от 28.12.2022 г. № 4261-р;
- – Концепция по развитию производства и использования электрического автомобильного транспорта в Российской Федерации на период до 2030 года. Утверждена Распоряжением Правительства Российской Федерации от 23 августа 2021 г. N 2290-р.

Региональный уровень поддержки электромобильности в России базируется на учете специфики каждого региона и отличается дифференцированным подходом. В лидирующих регионах активно развивается электромобильная инфраструктура и создаются благоприятные условия для покупателей и производителей.

В Москве к концу 2025 года планируется более 3000 зарядных станций и полная электрификация общественного транспорта. В столице также действует система льгот – освобождение от транспортного налога и бесплатная парковка для электромобилей на муниципальных стоянках. Санкт-Петербург также предлагает бесплатную парковку и развивает сеть зарядных станций, причем для бесплатной стоянки в некоторых случаях требуется специальное разрешение. Татарстан специализируется на локализации производства компонентов электромобилей и создании технопарков. Калининградская область проводит пилотные проекты с автономными электробусами, что способствует внедрению новейших технологий в регионе.

Комплексная система стимулирования включает прямые и косвенные меры. Прямые меры – это субсидии на покупку электромобилей, достигающие до 925 тысяч рублей, льготные кредиты под 5% годовых и гранты на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы до 500 миллионов рублей. Косвенные меры включают обнуление таможенных пошлин на ввоз электромобилей, освобождение от транспортного налога в 25 регионах и бесплатную пар-

ковку в городских зонах. Экономическая составляющая энергоперехода характеризуется масштабными инвестициями, направленными на создание полноценной экосистемы электротранспорта. Общий объем инвестиций до 2030 года оценивается в 2,3 трлн рублей, включая государственные и частные источники. Структура государственных инвестиций представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Структура государственных инвестиций в развитие транспорта (2023–2030)

Направление инвестиций	Объем, млрд руб.	Доля, %	Источники финансирования	Ожидаемый эффект
Зарядная инфраструктура	680	29.6	Государство (60%), Частные (40%)	28 000 станций к 2030
Производство батарей	520	22.6	Частные (70%), Государство (30%)	3 гигафабрики
Локализация компонентов	380	16.5	ГЧП (50/50)	85% локализации
Модернизация заводов	340	14.8	Производители (80%), Субсидии (20%)	500 тыс. единиц/год
НИОКР и технологии	220	9.6	Государство (75%), Бизнес (25%)	150+ патентов
Общественный транспорт	160	6.9	Региональные бюджеты (90%)	15 000 электробусов
ИТОГО	2300	100	–	–

Влияние инструментов государственной политики распространяется на предприятия (инновации и конкурентоспособность), экономику (рост отраслей), экологию (снижение выбросов) и общество (улучшение качества жизни). Согласно прогнозам Минэкономразвития России, переход может добавить 1–2% к ежегодному росту ВВП к 2030 году, с инвестициями до 3 трлн руб. Ключевые направления: локализация (для независимости), экспорт (для доходов) и устойчивость (для долгосрочного развития). Влияние энергоперехода на различные сферы, в зависимости от использования инструментов поддержки, приведено в таблице 2.

Таблица 2 – Экспертная оценка макроэкономического влияния в зависимости от использования инструментов поддержки

Направление	Описание	Ключевые инструменты	Ожидаемый вклад в ВВП (к 2030 году)
Субсидии и льготы	Поддержка покупки и производства электромобилей	Государственные программы Минпромторга	0,5–1%
Локализация производства	Импортозамещение компонентов	Региональные промышленные кластеры, инвестиции Росатома	0,3–0,7%
PPP и инвестиции	Партнерства для развития инфраструктуры	Фонды, государственно-частные партнерства (PPP), облигации	0,4–0,8%
Экспорт технологий	Выход на глобальные рынки	Соглашения с странами БРИКС, экспортные программы	0,2–0,5%

4.1.2. Экономические факторы обеспечения энергетического перехода транспорта в России

Экономические факторы, как правило, являются определяющими для бизнес-структур, принимающими решение о стратегическом переходе, к которым можно отнести энергетический переход.

В настоящее время основной экономической вызов заключается в высокой стоимости электромобилей и зависимости от импорта ключевых компонентов. В настоящее время начальная стоимость электромобиля на 30–50% выше традиционных. Но есть и другие барьеры. Они представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Экономические барьеры, стратегии преодоления

Барьер	Описание проблемы	Стратегии преодоления	Примеры в России	Ожидаемый эффект
Высокая начальная стоимость	EV дороже на 30–50%	Субсидии, налоговые льготы	Поддержка Мин-промторга (субсидия до 625 000 руб.), нулевой НДС на EV	Снижение общего TCO на 20–30%
Низкая рентабельность инвестиций	Долгий период окупаемости (5–7 лет)	PPP-модели, инвестиционные фонды	Фонд развития промышленности, проекты в Татарстане (КАМАЗ)	Привлечение свыше 1 трлн руб. инвестиций
Тарифы на электроэнергию	Высокие пиковые цены (до 5 руб./кВт·ч)	Введение дифференцированных тарифов (ночные и пиковые)	Тарифы Москвы и Санкт-Петербурга (ночной до 2 руб./кВт·ч)	Стабилизация спроса, экономия 15–20%
Отсутствие сервисных моделей	Ограниченный доступ к электромобилям	Развитие каршеринга, лизинга батарей и вторичного рынка	Yandex.Drive (5000 EV в парке), Сбер лизинг батарей	Рост проникновения EV на 10–15% в городах

На рисунке 19 представлены результаты опроса об основных барьерах развития электротранспорта в России.

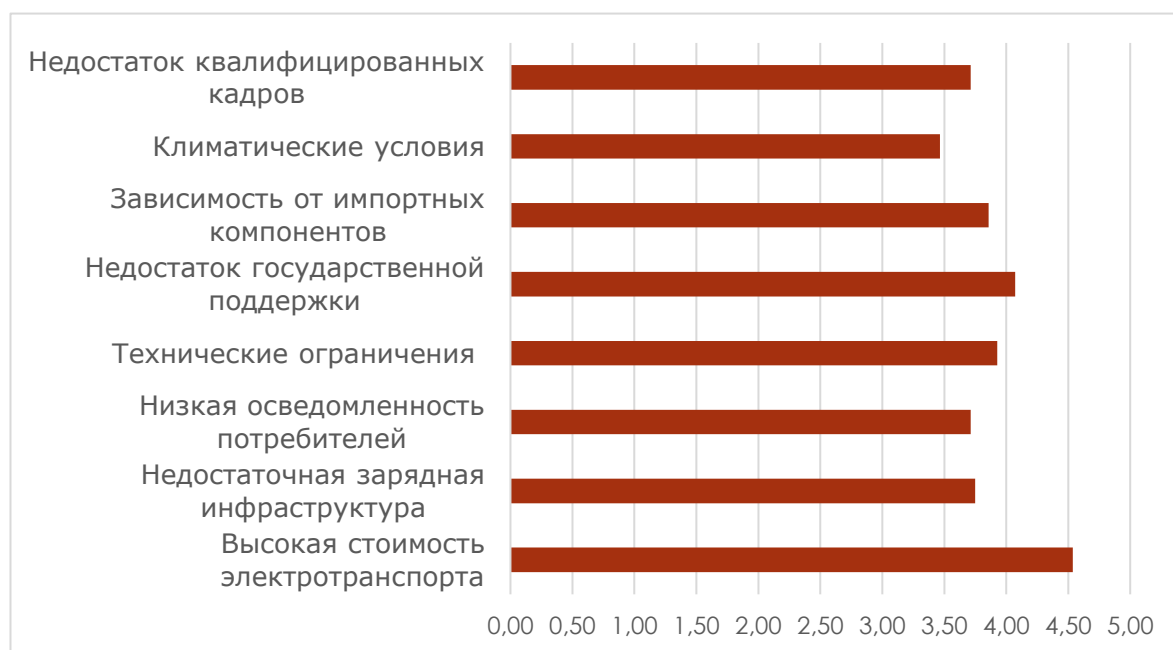


Рисунок 19 – Барьеры, препятствующие развитию электротранспорта в России, по 5-балльной оценке

Результаты опроса показывают доминирование экономических факторов, прежде всего – первоначальной стоимости электромобиля. При этом респонденты также указывают на технические ограничения и зависимость от импортных компонентов.

Преодоление этих экономических вызовов важно для устойчивого роста рынка электромобилей и расширения инфраструктуры в России.

Экономическая привлекательность электромобилей и других форм электрифицированного транспорта в России усиливается благодаря целенаправленным регуляторным мерам, таким как налоговые преференции, субсидии и развитие новых сервисных моделей. Для преодоления этого вводятся субсидии на покупку (до 625 000 руб. по программе Минпромторга), что снижает общую стоимость владения на 20–30% за 5 лет эксплуатации. Кроме того, стимулирование инвестиций происходит через государственные фонды (например, Фонд развития промышленности) и ГЧП-модели (государственно-частного партнерства), привлекающие до 1 трлн руб. в инфраструктуру к 2030 году.

Важна дифференцированная по времени суток и нагрузке тарифная политика на электроэнергию: ночные тарифы (до 2 руб./кВт·ч) обеспечивают зарядку вне пиков, стабилизируя спрос и снижая нагрузку на сети на 15–20%.

Новые сервисные модели, такие как каршеринг EV (в Москве Yandex.Drive с 5000 электромобилями) и лизинг батарей (где батарея арендуется отдельно, снижая цену авто на 20%), делают технологии доступными для среднего класса и бизнеса. Эти инициативы также способствуют развитию вторичного рынка, где поддержанные EV могут продаваться с гарантией на батареи.

Экономические факторы развития энергетического перехода оказывают значительное влияние на предприятия, стимулируя инновации, снижение затрат и повышение конкурентоспособности. Их характеристика приведена в таблице 4.

Таблица 4 – Влияние экономических направлений развития на предприятия по ключевым направлениям

Направление	Влияние на предприятия	Примеры компаний/эффекты	Риски и меры
Локализация производства	Снижение затрат, формирование новых цепочек поставок	КАМАЗ: рост производства электромобилей на 20%	Риски дефицита сырья, меры – расширение партнерств и импортозамещение
Субсидии и льготы	Повышение рентабельности и снижение стоимости продукции	Росатом: субсидии на производство аккумуляторов	Зависимость от госбюджета, рекомендуются меры диверсификации источников финансирования
PPP-модели	Совместные инвестиции, распределение рисков	Проекты с Yandex в сфере автономного транспорта	Бюрократические задержки, меры – упрощение процедур и цифровизация процессов
Экспорт технологий	Доступ к новым международным рынкам	Увеличение доходов от экспорта на 15% по СНГ	Геополитические риски, меры – разработка международных соглашений и диверсификация рынков

Локализация производства позволяет компаниям вроде КАМАЗ и Росатома снижать зависимость от импорта, открывая доступ к государственным субсидиям (до 30% от инвестиций) и налоговым льготам, что повышает рентабельность на 15–20%. PPP-модели способствуют совместным проектам, где бизнес делит риски с государством, ускоряя внедрение технологий (например, производство батарей). Это приводит к росту экспорта, созданию новых цепочек поставок и диверсификации продуктов (от EV до автономных систем). Для МСП (малого и среднего бизнеса) открываются ниши в сервисе и recycling, с поддержкой через гранты. В итоге, предприятия получают стимулы для R&D, с ожидаемым ростом производительности на 10–15% к 2030 году, но требуют адаптации к новым стандартам и конкуренции.

Экономические направления развития энергетического перехода оказывают положительное влияние на национальную экономику, стимулируя рост ВВП, диверсификацию отраслей и снижение зависимости от экспорта углеводородов. Локализация производства

и субсидии способствуют созданию новых цепочек ценности, с прогнозируемым вкладом в ВВП до 2–3% к 2030 году за счет отраслей вроде производства компонентов EV и инфраструктуры. PPP-модели привлекают частные инвестиции (до 2 трлн руб.), стимулируя экономику регионов и снижая бюджетную нагрузку. Экспорт «зеленых» технологий (в СНГ и Азию) может увеличить доходы на 300–500 млрд руб. ежегодно, балансируя торговый баланс. В целом, это приводит к росту занятости (до 500 000 новых мест), инфляционному контролю через энергосбережение и повышению экономической устойчивости, но требует управления рисками, такими как инфляция от инвестиций. По оценкам ВШЭ, переход ускорит экономический рост на 1.5% в год.

Экономические направления развития энергетического перехода положительно влияют на общество, способствуя созданию рабочих мест, повышению качества жизни и социальной справедливости. Локализация производства и субсидии генерируют занятость (до 500 000 новых мест в высокотехнологичных отраслях), особенно в регионах, снижая миграцию и социальное неравенство. PPP-модели включают общественные инициативы, такие как образовательные программы, повышая квалификацию населения и осведомленность о «зеленых» технологиях. Экспорт укрепляет национальную гордость и глобальную интеграцию, но требует фокуса на инклюзивности (субсидии для низкообеспеченных). В целом, это улучшает здоровье (через чистый воздух), доступность транспорта (дешевле EV) и социальную мобильность, с ростом индекса человеческого развития на 5–10% к 2030 году. Риски, такие как неравенство в доступе, минимизируются через целевые программы для удаленных районов и уязвимых групп.

В ходе исследования был проведен сравнительный анализ совокупной стоимости владения (TCO) электромобилем и автомобилем с двигателем внутреннего сгорания

Экономика владения электромобилем (TCO¹⁸) охватывает все расходы на протяжении всего жизненного цикла автомобиля: стоимость покупки, техническое обслуживание, ремонт, энергозатраты, страховые взносы, налоги и амортизацию. Несмотря на высокую

¹⁸ TCO (Total Cost of Ownership) — полная стоимость владения транспортным средством за весь срок его службы или за определенный период (например, год).

стартовую цену, электромобили часто оказываются выгоднее в эксплуатации по сравнению с автомобилями с двигателями внутреннего сгорания благодаря меньшим затратам на топливо, обслуживание и замену деталей.

В мировом масштабе стоимость владения электромобилем продолжает снижаться за счет дешевой электроэнергии и сниженных затрат на обслуживание. Однако для коммерческого транспорта остаются дополнительные расходы и регуляторные требования, влияющие на общую стоимость владения.

Исследования показывают, что, несмотря на более высокую цену покупки, при длительной эксплуатации электромобили могут стать экономически выгоднее. Например, в Норвегии электромобили уже имеют ниже уровень ТСО, а к 2030 году эксперты прогнозируют их доминирование с точки зрения экономической целесообразности.

В России рынок электромобилей развивается с расширением государственной поддержки (субсидии, налоговые льготы, развитие инфраструктуры). Однако высокая стоимость электромобилей снижает скорость внедрения. Тем не менее экономия на эксплуатации, а также льготы делают владение электромобилями все более привлекательным для пользователей.

В ходе исследования был проведен сравнительный анализ ТСО дизельной и электрической Газелей, городской режим эксплуатации 90 000 км/год, учитывая актуальные данные по стоимости, массе, тарифам и особенностям эксплуатации.

В 2025 году стоимость базовой «ГАЗели Next» с дизельным ДВС около 3,5 млн рублей, а электрогрузовик «ГАЗель e-NN» стоит уже 6,75 млн рублей. Большой вес аккумуляторной батареи электрической «ГАЗели e-NN» переводит это транспортное средство из категории N1, в категорию грузовиков N2, общей массой свыше 3,5–12 тн. При этом становится обязательным использование тахографа и соблюдение правил режима труда и отдыха водителей, что приводит к снижению оборачиваемости на 15%.

Расходы на электроэнергию у электрогазели рассчитаны с учетом 30 кВт·ч на 100 километров, 70% потребления по ночному тарифу (4,08 ₽/кВт·ч) и 30% — по дневному (7,45 ₽/кВт·ч), что в итоге дает около 123 300 рублей в год. В то время как дизельный вариант с расходом 10 литров на 100 км при цене 70 рублей за литр топлива тратит порядка 630 000 рублей в год.

Техническое обслуживание у электрогрузовика происходит реже и стоит примерно 15 000 рублей за ТО при интервале 20 000 км, в итоге около 68 000 рублей в год. Для дизеля ТО дороже и проводится каждые 15 000 км, что в сумме дает примерно 240 000 рублей в год.

Дополнительный ремонт из-за большего веса и повышенной нагрузки на узлы у электрогрузовика федерально оценивается в 50 000 рублей в год.

Цена приобретения учитывается через амортизацию, которая рассчитана на срок 8 лет, включая батарею для электромобиля, и составляет 843 750 рублей в год для электрогрузовика и 437 500 рублей для дизеля.

Расчет снижения оборачиваемости связан с тем, что на электромобиль «ГАЗель e-NN» (N2) необходимо установить тахограф, который не позволяет водителю превышать установленные 9 часов управления за смену. На автомобиле «ГАЗель Next» (N1) без тахографа возможны переработки, что искусственно завышает его дневную производительность.

В расчет можно также добавить остаточную стоимость транспортных средств, но из-за отсутствия необходимого объема этих данных на сегодняшний день, для объективности, это опустим.

Все расходы представлены в итоговой таблице 5.

Таблица 5 – Расходы по эксплуатации грузовика с ДВС и на электротяге

Статья расходов	Дизель ГАЗель Next	Электро ГАЗель e-NN
Амортизация	437 500	843 750
Техобслуживание (ТО)	240 000	68 000
Топливо / электроэнергия	630 000	123 300
Снижение оборачиваемости (из-за тахографа)	0	247 000
Дополнительный ремонт	0	50 000
Итого	1 307 500	1 332 050

Электро «ГАЗель e-NN» является все-таки более выгодным перспективным транспортным средством. Его преимущество основано на реальной экономии ресурсов, а не на эксплуатации «серых» схем. В условиях, приближенных к идеальным (полное соблюдение закона), разница в пользу электромобиля будет только расти.

Преимущества электрогрузовика «ГАЗель e-NN» носят фундаментальный характер и заключаются в значительно более низких эксплуатационных расходах (топливо, ТО). Для многих покупателей ключевым фактором становится не только начальная цена, но и общий баланс расходов за весь срок владения.

4.1.3. Социальные факторы обеспечения энергетического перехода транспорта в России

Социальная адаптация требует обеспечения равного доступа к электротранспорту во всех регионах для предотвращения роста социального неравенства. Реализуются образовательные программы и информационные кампании, направленные на формирование позитивного восприятия новых технологий и подготовку квалифицированных кадров. Эти меры способствуют формированию нового рынка труда и повышению общественного принятия инноваций.

Развитие электротранспорта в России сопровождается важными социальными вызовами. Ключевая задача – предотвращать рост социального неравенства, обеспечивая равный региональный доступ к электромобилям и зарядной инфраструктуре. Необходимо активно развивать образовательные программы и проводить информационные кампании, которые формируют позитивное восприятие новых технологий и готовят высококвалифицированных специалистов для рынка труда будущего.

Социальный эффект развития электротранспорта включает создание новых рабочих мест в высокотехнологичных отраслях – производство компонентов, зарядных станций, сервисное обслуживание, научные исследования. Экспертные оценки создания новых рабочих мест приведены в таблице 6. Это требует системной подготовки кадров и адаптации образовательных программ под современные требования.

Таблица 6 – Прогноз создания рабочих мест в секторе электротранспорта в России на 2024–2030 годы

Сектор	Новые рабочие места	Требуемая квалификация	Средняя з/п, тыс. руб.
Производство батарей	45 000	Высокая техническая	95–120
Зарядная инфраструктура	28 000	Средняя техническая	65–85
Сервис и обслуживание	35 000	Специальная подготовка	55–75
НИОКР и инжиниринг	12 000	Высшее техническое	120–180
Логистика и управление	8 000	Различная	60–90
Рециклинг и утилизация	15 000	Средняя техническая	50–70
ИТОГО	143 000	–	75–103 (среднее)

Формирование квалифицированной рабочей силы для новой транспортной экосистемы требует масштабной трансформации образовательной системы на всех уровнях. Это включает адаптацию учебных программ в средних и высших учебных заведениях с учетом новых высокотехнологичных требований рынка электротранспорта, развитие направлений подготовки специалистов в области электроники, программирования, инженерии и экологии. Важной задачей становится интеграция практикоориентированных модулей и стажировок на предприятиях электромобильной отрасли, а также подготовка специалистов для сервисного обслуживания, ремонта и эксплуатации электротранспорта и зарядной инфраструктуры.

Кроме того, необходимы масштабные просветительские и информационные кампании для создания позитивного общественного восприятия новых технологий и стимулирования интереса молодежи к карьере в сфере электротранспорта. Научно-образовательные центры должны стать платформами для проведения исследований, раз-

работки инноваций и поддержки стартапов в области электромо-
бильности, что обеспечит непрерывное обновление кадрового по-
тенциала.

Социальные аспекты энергетического перехода включают про-
блемы, связанные с человеческим фактором, такие как дефицит
квалифицированных кадров, сопротивление изменениям в традици-
онных отраслях (например, нефтегазовой) и региональные диспро-
порции в доступе к технологиям. Социальные барьеры, стратегии
преодоления приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Социальные барьеры, стратегии преодоления

Барьер	Описание про- блемы	Стратегии пре- одоления	Примеры в России	Ожидаемый эффект
Дефицит квалифи- цированных кадров	Недостаток специалистов в отрасли (30–40%)	Образователь- ные программы, переквалифика- ция	Программы в МГТУ им. Баумана, стажировки КАМАЗа	Подготовка до 100 000 специали- стов к 2030 году
Сопротивле- ние измене- ниям	Потеря рабочих мест в традици- онных отраслях	Социальные кампании, гарантии занятости	Переобучение в Татарстане, фестивали «ЭкоМобиль»	Снижение социальной напряжен- ности на 20–30%
Региональ- ные диспро- порции. Риски регио- нального неравенства	Ограниченный доступ к технологиям в удаленных ре- гионах	Создание рабо- чих мест в реги- онах. Внедрение цифровых тех- нологий, созда- ние локальных центров	VR-курсы в Сибири, партнерство с Росатомом	Рост вовле- ченности населения на 15–25%
Низкая осве- домленность общества	Распростране- ние мифов о не- надежности и дороговизне EV	Информацион- ные кампании, включение в об- разовательные программы	Кампании Минтранса, образова- тельные про- екты	Рост обще- ственной поддержки на 10–20%

Значительный потенциал содержит формирование кадрового ре-
зерва с помощью современных образовательных программ, цифро-
вых образовательных технологий (онлайн-курсы, VR-симуляторы) и
тесного сотрудничества с промышленностью. Это создает фундамент

технологической независимости и способствует эффективному внедрению инноваций в транспортной системе. Например, программы переобучения для работников автопрома (цель – 100 000 специалистов к 2030 году) помогут минимизировать социальные риски, такие как безработица в регионах вроде Татарстана и Самарской области.

Повышение общественной осведомленности и вовлеченности достигается через кампании по продвижению EV (например, фестивали «ЭкоМобиль» в городах) и интеграцию в школьные/вузовские программы, что преодолевает барьеры недоверия и культурных стереотипов. Сотрудничество с промышленностью (КАМАЗ, Росатом) включает стажировки и дуальное образование, обеспечивая практические навыки в областях, таких как обслуживание батарей и автономных систем. Эти меры не только решают кадровый дефицит (текущий – 30–40% в секторе EV), но и способствуют социальной адаптации, делая переход инклюзивным для всех слоев населения, включая сельские и удаленные районы.

4.1.4. Технологические факторы энергетического перехода транспорта в России

Технологическое развитие сосредоточено на преодолении импортозависимости и адаптации к российским условиям. Приоритетными являются создание отечественных производств аккумуляторов и силовой электроники, разработка систем управления тепловыми режимами для экстремальных температур, а также развитие технологий переработки и рециклинга аккумуляторных элементов. Параллельно ведется развитие водородного транспорта как перспективного направления.

Технологические барьеры и стратегии их преодоления представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Технологические барьеры

Барьер	Описание проблемы	Стратегии преодоления	Примеры в России	Ожидаемый эффект
Локализация производства	Зависимость от импорта компонентов (70–80%)	Создание заводов, партнерства	Заводы «Росатом» в Калининграде и Москве, Татарстан (натрийионные батареи)	Снижение затрат на 20–30%, рост технологической независимости
Управление теплотой в холоде	Снижение емкости батарей на 20–40% при –20°C	Разработка систем термуправления с ИИ, тесты в холодных регионах	Пилотные проекты КАМАЗа в Якутии, испытания в Сибири	Увеличение дальности на 15–25% в зимнее время
Переработка батарей	Экологические риски, дефицит сырья	Создание замкнутых циклов, создание recycling-центров	Проект «ЭкоТех» в Москве, сотрудничество с ЕС	Переработка до 80% батарей, снижение отходов на 50%
Силовая электроника и двигатели	Низкая эффективность, проблемы с перегревом	Локальные R&D, стандартизация	Исследования в Сколково, сотрудничество с Huawei	Повышение КПД на 10–15%, повышение надежности

Одним из наиболее критичных аспектов энергетического перехода является инфраструктурное развитие. Информация по данному направлению представлена в таблице 9.

Неравномерное распределение зарядных станций (более 80% сосредоточено в европейской части России) усугубляет территориальное неравенство и ограничивает использование EV в удаленных регионах. Реализация проектов по созданию современных высокомоощных зарядных узлов (DC fast chargers до 350 кВт) в регионах и вдоль федеральных трасс (например, М-4 «Дон» и М-7 «Волга») активизирует устранение этого неравенства, с планом на 50 000 станций к 2030 году.

Таблица 9 – Инфраструктурные барьеры, стратегии преодоления и примеры

Барьер	Описание проблемы	Стратегии преодоления	Ожидаемый эффект
Неравномерное распределение зарядных станций	80% зарядных станций сосредоточено в европейской части РФ	Обязательное оснащение регионов; развитие инфраструктуры по федеральным трассам	Увеличение покрытия зарядной сетью регионов на 40–50%
Высокие затраты на строительство зарядных станций	Стоимость одной станции до 2 млн USD	Государственные инвестиции, государственно-частное партнерство (PPP)	Снижение затрат на 15–20% через масштабирование
Логистика водорода	Хранение и транспортировка взрывоопасного водорода	Интеграция с газовой инфраструктурой, инфраструктурные пилотные проекты	Рост числа водородных заправок (HRS) на 200–300% к 2030 году
Отсутствие цифровизации	Отсутствие удобных цифровых сервисов для поиска и оплаты	Внедрение мобильных приложений, интеграция с платформами «Автонет» и Госуслуг	Снижение "range anxiety" у водителей на 20–30%

Для водородной инфраструктуры барьеры включают высокие затраты на станции и логистику хранения. В регионах вроде Дальнего Востока пилотные проекты (например, в Хабаровском крае) сочетают солнечные фермы с электролизерами для локального производства водорода, снижая зависимость от централизованных поставок. В итоге, инфраструктурные улучшения не только расширяют охват, но и стимулируют региональное развитие, создавая новые рабочие места в строительстве и обслуживании.

Технологическое развитие рынка электрифицированного транспорта в России во многом зависит от локализации производства ключевых компонентов – аккумуляторов, силовой электроники (инверторы, контроллеры), электродвигателей и зарядных устройств. В настоящее время более 70% этих компонентов импортируется, что создает уязвимости в цепочках поставок и повышает затраты. Для преодоления этого барьера планируется создание отечественных производств: например, завод «Росатома» в Ульяновской области по выпуску литийионных батарей (мощностью 2 ГВт·ч в год) и партнерства с компаниями вроде «Рэнера» для натрийионных технологий.

Это позволит снизить стоимость компонентов на 20–30% и обеспечить технологическую независимость.

Внедрение современных систем управления теплотой аккумуляторов (Thermal Management Systems) критично для российских условий, где низкие температуры снижают емкость батарей на 20–40%. Разработки включают активное отопление/охлаждение с использованием жидкостных контуров и ИИ для предиктивного контроля, тестируемые в Якутии и Красноярском крае. Кроме того, развитие технологий переработки батарей (recycling) обеспечит рост надежности и экологической безопасности: к 2030 году цель – переработка 80% отработанных батарей, с извлечением до 95% ценных металлов (литий, кобальт). Проекты вроде «ЭкоТех» в Москве фокусируются на замкнутом цикле, минимизируя отходы и снижая экологический след. Эти меры не только помогают преодолевать технические барьеры, но и стимулируют инновации, такие как интеграция с ВИЭ для «зеленой» зарядки.

4.1.5. Экологические факторы энергетического перехода транспорта в России

Экологические преимущества включают значительное снижение выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ, что улучшает качество воздуха и положительно влияет на здоровье населения. Развитие системы экологической сертификации и технологий рециклинга способствует устойчивому развитию отрасли и формированию ответственного потребительского поведения.

С экологической точки зрения, переход на электротранспорт снижает уровень локального загрязнения воздуха и выбросов парниковых газов, что улучшает качество городской среды и здоровье населения. При этом важно учитывать, что экологические выгоды зависят от источников энергии: если электроэнергия вырабатывается на угольных или других загрязняющих электростанциях, общий эффект снижается. В будущем ключевой задачей станет переход на возобновляемые источники энергии для зарядки электромобилей.

Экологические факторы энергоперехода представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Влияние на экологию по ключевым направлениям

Направление	Влияние на экологию	Ожидаемые эффекты (к 2030 году)	Риски и меры
Локализация производства	Снижение импорта, использование локальных ВИЭ	Снижение выбросов CO ₂ на 15–20%	Образование отходов; необходим обязательный recycling
Субсидии и льготы	Стимулирование покупок «зеленых» транспортных средств	Снижение загрязнения воздуха на 25%	Возможен перерасход ресурсов; требуется экологический аудит
PPP-модели	Развитие экоинфраструктуры на базе ВИЭ	Сохранение 10 млн тонн CO ₂ эквивалента	Экологические риски; проведение оценки воздействия (EIA)
Экспорт технологий	Распространение экологических технологий по миру	Снижение глобальных выбросов на 5%	Возможен «зеленый» протекционизм; необходимость сертификации

4.1.6. Нормативно-правовые факторы энергетического перехода транспорта в России

Регуляторное развитие играет ключевую роль в преодолении барьеров энергетического перехода, выражаясь в упрощении процедур сертификации, стандартизации инновационных технологий и создании благоприятной правовой среды. В настоящее время сложные бюрократические процессы (сертификация EV занимает до 6–12 месяцев) и отсутствие единых стандартов (например, для водородных систем) тормозят импорт и локальное производство, повышая затраты на 10–15%.

Регуляторные барьеры и стратегии их преодоления представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Регуляторные барьеры, стратегии преодоления и примеры

Барьер	Описание проблемы	Стратегии преодоления	Ожидаемый эффект
Сложная сертификация	Длительные процедуры (6–12 месяцев)	Упрощение процессов, введение электронных паспортов (ЭПТС), ускоренная сертификация	Сокращение времени сертификации на 50–70%
Отсутствие стандартов	Несовместимость технологий, разрозненность требований	Гармонизация стандартов ISO, регулирование ЕАЭС, разработка национальных стандартов для водорода и зарядных устройств	Повышение совместимости технологий на 20–30%
Низкая информированность	Мифы о безопасности, стоимости и эксплуатации EV	Информационные кампании, специализированные порталы	Повышение осведомленности потребителей на 15–25%
Недоразвитый вторичный рынок	Ограниченный доступ и гарантийное обслуживание поддержанных EV	Развитие сервисов, создание лизинговых и каршеринговых программ	Рост продаж поддержанных электромобилей на 30%

Эффективное преодоление этих барьеров требует скоординированной работы федеральных и региональных органов власти, а также активного вовлечения бизнеса и общественных организаций для создания прозрачных и устойчивых условий для развития рынка.

4.1.7. Основные факторы PESTEL-анализа

Основные факторы PESTEL-анализа представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Сводная таблица PESTEL-анализа

Фактор	Возможности	Вызовы	Меры поддержки
Политические	Развитие инфраструктуры	Неравномерность развития региональной инфраструктуры	Бюджетные инвестиции, налоговые льготы, субсидии операторам
Экономические	Создание новых рабочих мест, развитие смежных отраслей	Высокая стоимость ТС, импортозависимость компонентов	Льготные кредиты, субсидии производителям, поддержка локализации
Социальные	Улучшение здоровья населения, новые профессии	Риск социального неравенства, сопротивление изменениям	Образовательные программы, информационные кампании, переквалификация
Технологические, включая инфраструктурное обеспечение	Развитие отечественных технологий. Создание умных дорожных систем, зарядной инфраструктуры	Низкая доля локализации, технологическое отставание. Высокие инвестиционные затраты, технологические сложности	Поддержка НИОКР, создание кластеров, госзаказ на инновации
Экологические	Снижение выбросов, улучшение качества воздуха	Проблемы утилизации АКБ, экологические риски	Экологическая сертификация, поддержка рециклинга, «зеленые» стандарты
Нормативно-правовые	Разработка правил эксплуатации, ответственности и стандартов	Юридические и этические вопросы	Формирование нормативного поля, обеспечивающего безопасную и регулируемую эксплуатацию автотранспорта

Переход к автоматизированному и автономному электротранспорту открывает широкие перспективы повышения безопасности дорожного движения за счет снижения человеческого фактора и уменьшения аварийности. Эта трансформация способствует развитию интеллектуальных транспортных систем, оптимизации управле-

ния потоками и повышению пропускной способности городских и магистральных дорог. Автономные транспортные средства способны обеспечить более точное соблюдение правил, своевременное реагирование на дорожные ситуации и интеграцию с умной городской инфраструктурой.

Вместе с тем, внедрение таких инноваций требует значительного времени на социальную адаптацию населения и бизнеса, в том числе формирование доверия к технологиям, обучение новых профессий и переосмысление задач в транспортной экосистеме. Необходима разработка нормативной и правовой базы, регулирующей безопасность, ответственность и эксплуатацию беспилотного транспорта. Также важной задачей является создание специализированной инфраструктуры – испытательных площадок, систем связи и зарядных станций с учетом особенностей автономного управления

Такая системная трансформация позволит максимально эффективно реализовать потенциал автоматизированного и автономного электротранспорта, создавая безопасную, удобную и экологичную транспортную среду будущего.

Анализ современного состояния и перспектив развития российского рынка электрифицированного транспорта выявляет барьеры массового внедрения «зеленых» технологий, но их успешное преодоление возможно только при тесном взаимодействии и координации усилий государства, бизнеса и научного сообщества. Это требует полноценного развития нормативно-правовой базы и инфраструктуры, учитывающих как климатические (суровые зимы, длинные расстояния), так и региональные особенности России (от густонаселенных мегаполисов до удаленных арктических зон). Несмотря на значительный потенциал, энергопереход в России сталкивается с рядом проблем, связанных с географическими, экономическими и технологическими факторами. Огромная территория (17 млн км²) и экстремальный климат (от –50°C в Якутии до +40°C на юге) усложняют внедрение батарей и инфраструктуры.

Экономически зависимость от нефти (экспорт составляет 40% бюджета) создает сопротивление со стороны традиционных отраслей. Технологически отставание в производстве (импорт 80% компонентов для EV) требует инвестиций в R&D.

Социальные аспекты включают потерю рабочих мест в нефтяной отрасли (до 1 млн человек) и неравенство доступа к новым технологиям в регионах. Кроме того, кибербезопасность «умного транспорта» становится критической, с рисками хакерских атак на автономные системы.

Основные барьеры включают технологические ограничения (например, низкая эффективность батарей в холоде), экономические факторы (высокая стоимость EV), регуляторные пробелы (отсутствие единых стандартов) и социальные аспекты (недоверие потребителей и дефицит кадров). Преодоление их предполагает комплексный подход: от инвестиций в R&D до образовательных программ. В глобальном контексте Россия может опираться на опыт Китая (лидера по производству EV) и ЕС (с их строгими экологическими нормами), адаптируя их к локальным условиям.

Согласно отчету Минэнерго РФ, без преодоления этих барьеров доля электромобилей в автопарке к 2030 году может не превысить 5–7%, вместо запланированных 10–15%.

4.2. Сценарии и ключевые сегменты энергоперехода транспорта в России

Энергетический переход транспортного сектора в России представляет собой комплексный процесс, направленный на снижение зависимости от ископаемых видов топлива, повышение экологической устойчивости и интеграцию инновационных технологий. В условиях огромной территории страны, разнообразия климатических зон и значительной роли транспорта в экономике (включая экспорт нефти и газа), переход требует адаптации к локальным реалиям. Согласно стратегии низкоуглеродного развития России до 2050 года, ключевыми целями являются сокращение выбросов CO₂ на 30–40% к 2030 году и достижение углеродной нейтральности к 2060 году. Для этого выделяются несколько технологических сценариев, которые учитывают специфику регионов, от арктических зон до мегаполисов.

4.2.1. Массовое внедрение электротранспорта на базе аккумуляторных батарей

Основной сценарий энергоперехода транспорта в России фокусируется на переходе к электромобилям с использованием литийионных и натрийионных батарей. Литийионные батареи уже доминируют благодаря высокой плотности энергии (до 250–300 Вт·ч/кг) и зрелости технологий, но натрийионные предлагают преимущества в стоимости и доступности сырья (натрий дешевле лития). В России планируется развитие локального производства: к 2030 году ожидается запуск заводов по выпуску батарей в Калужской области и Татарстане, с объемом производства до 10 ГВт·ч в год. Это позволит снизить зависимость от импорта из Китая и Южной Кореи.

Параллельно развивается инфраструктура: строительство сети зарядных станций (цель – 100 000 станций к 2030 году), включая быстрые зарядки мощностью до 350 кВт. Энергоэффективные системы включают смарт-грид для управления пиковыми нагрузками и интеграцию возобновляемых источников энергии (ВИЭ), таких как солнечные и ветровые фермы (см. табл. 6). В регионах с холодным климатом (например, Сибирь) акцент на батареи с улучшенной терморегуляцией, чтобы избежать снижения емкости при -40°C . Этот сценарий особенно подходит для легкового и общественного транспорта в урбанизированных районах.

Преимущества и ограничения основного сценария энергетического перехода представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Преимущества и ограничения основного сценария энергетического перехода

Аспект	Преимущества	Ограничения
Технологии	Высокая эффективность (КПД до 90%), низкие эксплуатационные затраты	Зависимость от редких металлов (литий, кобальт); деградация батарей со временем
Инфраструктура	Легкость интеграции в городские сети	Высокие начальные инвестиции в зарядные станции; нагрузка на электросети

Окончание табл. 13

Аспект	Преимущества	Ограничения
Экология	Нулевые выбросы при эксплуатации, снижение локального загрязнения воздуха	Экологические риски добычи сырья, особенно в странах Африки и Южной Америки
Экономика	Снижение затрат на топливо на 50–70%, экономия на техническом обслуживании	Высокая стоимость батарей (около 100–150 USD/кВт·ч), высокая начальная цена
Запас хода	Резкое улучшение, до 400–500 км на одном заряде	Запас хода все еще ограничен для дальних поездок, требует планирования маршрута
Время зарядки	Быстрая зарядка современных моделей, возможность зарядки ночью	Длительное время зарядки по сравнению с заправкой бензином, особенно в регионах с низкой инфраструктурой
Климатические ограничения	Современные батареи более устойчивы к холоду	Снижение емкости батарей при низких температурах, дополнительный расход энергии на обогрев
Социальные аспекты	Тихая работа, снижение шума, снижение зависимости от нефти	Высокая стоимость, ограниченная инфраструктура в регионах, необходимость переобучения специалистов

4.2.2. Внедрение водородного транспорта

Дополнительный сценарий энергоперехода транспорта в России ориентирован на использование водорода как топлива, особенно в сегментах, где аккумуляторные батареи менее эффективны из-за веса, дальности хода или времени зарядки. Водородные топливные элементы преобразуют водород в электричество через электрохимическую реакцию, производя только воду как побочный продукт. В России этот подход актуален для тяжелого коммерческого транспорта (грузовики, фуры) и общественного транспорта (автобусы, поезда), где требуется дальность хода свыше 500 км и заправка за 5–10 минут.

Развитие инфраструктуры включает производство «зеленого» водорода путем электролиза с использованием ВИЭ (например, ветровые парки в Приморье или гидроэнергетика на Волге). К 2030 году

планируется создание сети заправочных станций (Hydrogen Refueling Stations, HRS) – не менее 500 единиц, с фокусом на магистралях вроде М-11 (Москва – Санкт-Петербург) и Транссибирской магистрали. Россия обладает потенциалом в экспорте водорода: проекты в Якутии и на Сахалине предусматривают производство до 2 млн тонн в год к 2040 году, с использованием природного газа для «голубого» водорода (с захватом CO₂).

Такое опережение в развитии для сектора большегрузного транспорта обусловлено тем, что батареи для грузовиков весят до 5-7 тонн, снижая полезную нагрузку, в то время как водородные системы обеспечивают энергоемкость до 6–8 кг водорода на 100 км. Интеграция с существующими газовыми сетями (Газпром) может ускорить переход. Водородный транспорт предлагает значительный потенциал для дальних поездок и быстрой «заправки» по сравнению с аккумуляторными электромобилями. Однако требует масштабных инвестиций в инфраструктуру и преодоления технологических барьеров, связанных с производством и хранением водорода. Экологическая устойчивость напрямую зависит от источников производства водорода, исключительно зеленый водород гарантирует минимальное воздействие на климат. Преимущества и ограничения водородного сценария энергетического перехода представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Преимущества и ограничения водородного сценария

Аспект	Преимущества	Ограничения
Технологии	Высокая дальность (до 1000 км), быстрая заправка (3–5 минут), нулевые выбросы	Низкий КПД (~50–60%) из-за потерь на производство и хранение водорода
Инфраструктура	Возможность использования существующих газопроводов, масштабируемость для экспорта	Очень высокие затраты на строительство водородных заправок (1–2 млн USD за станцию), сложности хранения (криогенные условия)
Экология	Полностью углеродно-нейтральный при производстве "зеленого" водорода	Риски утечек водорода (взрывоопасен), зависимость от возобновляемых источников энергии
Экономика	Снижение зависимости от нефти, потенциал экспорта	Высокая стоимость водорода (5–10 USD/kg), высокая стоимость топливных элементов (до 50 USD/kBt)

Водородная технология служит дополнением к электротранспорту, особенно для специализированных видов транспорта и регионов с ограниченной электросетевой инфраструктурой. Ее развитие требует координации государственной поддержки, инноваций в области безопасности и расширения инфраструктурных проектов.

Этот сценарий идеален для арктических и удаленных регионов России, где электросети слабо развиты, но есть доступ к газу или ВИЭ.

4.2.3. Развитие гибридных транспортных средств

Сценарий направлен на развитие гибридных транспортных средств. Для российских условий, с учетом сурового климата, длинных расстояний и неравномерной инфраструктуры, особенно актуально в России развитие гибридных транспортных средств (Hybrid Electric Vehicles, HEV, и Plug-in Hybrid Electric Vehicles, PHEV). Эти системы комбинируют аккумуляторные батареи или водородные топливные элементы с традиционными двигателями внутреннего сгорания (ДВС), работающими на бензине, дизеле или даже биотопливе. Интеллектуальные системы управления энергопотоками (например, на базе ИИ и алгоритмов машинного обучения) оптимизируют распределение энергии, повышая надежность и эффективность. В гибридах ДВС может использоваться для подзарядки батарей в пути или в регионах без зарядных станций, что критично для Сибири и Дальнего Востока (см. табл. 8).

В России этот сценарий поддерживается программами, такими как «Автонет» (Национальная технологическая инициатива), с фокусом на производство гибридов на заводах в Тольятти и Нижнем Новгороде. К 2030 году доля гибридов в автопарке может достичь 20–30%, особенно в сегменте внедорожников и грузовиков, где они обеспечивают экономию топлива до 40% и снижение выбросов на 25–50%. Гибриды служат «мостом» к полному электропереходу, минимизируя риски.

Преимущества и ограничения гибридного сценария энергетического перехода представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Преимущества и ограничения гибридного сценария

Аспект	Преимущества	Ограничения
Технологии	Гибкость благодаря комбинации источников энергии; повышенная надежность в холодном климате	Сложность конструкции; необходимость обслуживания двух систем (электро и ДВС)
Инфраструктура	Минимальные изменения, использование существующих АЗС и электросетей	Зависимость от ископаемого топлива в переходный период
Экология	Снижение выбросов по сравнению с традиционными ДВС (до 30–40%)	Все еще есть выбросы; экологические затраты на производство компонентов
Экономика	Низкие эксплуатационные затраты; доступность для массового рынка	Более высокая начальная стоимость (на 20–30% дороже традиционных авто)

Гибридные автомобили сочетают в себе достоинства как традиционных двигателей внутреннего сгорания, так и электромоторов, обеспечивая экономию топлива и увеличенный запас хода, особенно в условиях холодного климата. Они не требуют сложной зарядной инфраструктуры и предоставляют возможности для постепенного перехода к более экологичным транспортным решениям.

Однако усложненная конструкция и необходимость обслуживания двух систем повышают технические требования и стоимость владения. Гибриды остаются компромиссом между традиционными и электрическими технологиями, подходящим для тех, кто ценит универсальность и готов к техническим особенностям такого типа транспорта.

Каждый сценарий имеет уникальные преимущества и ограничения, зависящие от вида транспорта, условий эксплуатации (город/трасса, климат) и региональной инфраструктуры. Применение электромобилей в городах, водородных грузовиков на магистралях, а гибридов в удаленных районах, создает комплексную, адаптивную систему «умного транспорта». Это включает интеграцию IoT, 5G-сетей и TMS для оптимизации маршрутов, энергопотребления и логистики. Успешное внедрение требует долгосрочного взаимодействия науки, промышленности и государства, развития нормативной базы (стандарты на батареи и водород) и инфраструктуры.

4.2.4. Варианты развития отдельных сегментов автотранспортного рынка

Энергетический переход в России не является унифицированным: он адаптируется к специфике сегментов транспорта, учитывая их объем, экологическое воздействие и экономическую роль. Согласно данным Росстата, транспортный сектор потребляет около 25% энергии в стране, с доминированием автомобильного транспорта (более 80 млн единиц). Приоритет отдается сегментам с наибольшим потенциалом снижения выбросов, таким как общественный транспорт. Ниже рассмотрены ключевые сегменты: автобусы (как приоритет), промышленный транспорт и легковой транспорт. Каждый сегмент интегрируется с описанными сценариями (электро, водород, гибрид), с учетом региональных особенностей (например, в мегаполисах – электромобили, в промышленных зонах – водород).

- Приоритетный сегмент: автобусы и общественный транспорт.

Автобусы выделяются как приоритет из-за их роли в массовых перевозках (около 1 млрд пассажиров в год в России) и высокого уровня выбросов в городах. Переход к электробусам и водородным моделям может снизить выбросы CO₂ на 50–70% в мегаполисах. В Москве и Санкт-Петербурге уже эксплуатируется свыше 1000 электробусов (производства КАМАЗ и ЛиАЗ), с планом на 5000 к 2025 году. Водородные автобусы тестируются в Татарстане, где дальность хода до 400 км идеальна для междугородних маршрутов. Гибридные варианты подходят для регионов с нестабильными сетями, как в Красноярском крае. Ключевые меры: субсидии на закупку (до 50% стоимости) и развитие депо с зарядкой.

- Промышленный транспорт (грузовики, спецтехника).

Этот сегмент включает тяжелые грузовики, фуры и промышленную технику (например, в добыче нефти/газа или строительстве), на которые приходится 40% транспортных выбросов. Водородный сценарий доминирует здесь из-за необходимости высокой грузоподъемности и дальности (до 1000 км без дозаправки). Проекты в ЯНАО и ХМАО предусматривают водородные грузовики для арктических условий. Электрические варианты подходят для коротких маршрутов в промышленных парках (например, в Челябинске), с батареями до 500 кВт·ч. Гибриды используются в переходный период, снижая

расход топлива на 30%. Развитие включает локализацию производства (КАМАЗ планирует 10 000 единиц к 2030 году) и интеграцию с логистикой «Автонет».

- Легковой транспорт

Легковые автомобили (около 50 млн единиц) – самый массовый сегмент, но с низким проникновением EV (менее 1% парка). Основной сценарий – электромобили для городских условий. К 2030 году цель – 10% EV в парке, с фокусом на доступные модели (стоимостью до 2 млн руб.). Гибриды популярны в регионах с холодным климатом (например, Toyota Prius-аналоги), обеспечивая пробег до 1000 км. Водородные варианты нишевые, для премиум-сегмента. Стимулы: налоговые льготы и бесплатная парковка для EV в городах. Данные сегменты служат основой для комплексного перехода к устойчивому транспорту с акцентом на пилотные зоны для тестирования и развития технологий. Такой подход помогает учитывать разные потребности, экономические и климатические особенности регионов (см. табл. 8). Сравнение сегментов представлено в таблице 16.

Таблица 16 – Сравнение сегментов по сценариям и ключевым метрикам

Сегмент	Приоритетный сценарий	Доля в парке (%)	Потенциал снижения выбросов (%)	Ключевые вызовы	Примеры регионов/проектов
Автобусы	Электро + Водород	5–10	50–70	Развитие городской инфраструктуры	Москва, Татарстан
Промышленный	Водород + Гибрид	15–20	40–60	Дальность пробега, грузоподъемность	Ямало-Ненецкий АО, Норильск
Легковой	Электро + Гибрид	70–80	30–50	Доступность, климатические условия	Санкт-Петербург, регионы Урала и Сибири

4.2.5. Варианты развития отдельных элементов электротранспорта

Помимо энергетических аспектов, энергопереход транспорта в России интегрирует передовые технологии автоматизации, что усиливает эффективность, безопасность и интеграцию в «умные» города. Это включает развитие элементов автономных транспортных средств (Autonomous Vehicles, AV), телематических систем и ИИ-платформ. Такие инновации не только снижают энергопотребление (на 10–20% за счет оптимизации маршрутов), но и способствуют созданию экосистемы «Автонет», где транспорт становится частью цифровой инфраструктуры. Фокус на пилотных проектах позволяет тестировать технологии в контролируемых условиях, минимизируя риски для массового внедрения.

- Развитие элементов автономных транспортных средств.

Автономные ТС разрабатываются преимущественно на ограниченных территориях, таких как промышленные парки, специальные экономические зоны (СЭЗ) и закрытые логистические хабы, где отсутствует интенсивный трафик и пешеходы. В России это актуально для регионов вроде Сколково, Иннополиса или промышленных зон в Татарстане и Московской области. Уровни автоматизации по SAE (Society of Automotive Engineers) варьируются от 2 (частичная автоматизация, как адаптивный круиз-контроль) до 4-5 (полная автономия без водителя). Для энергоперехода акцент на электромобили и водородные AV, оснащенные лидарами, радары и камерами для навигации. Примеры: беспилотные грузовики КАМАЗ в Набережных Челнах, тестируемые на закрытых трассах, с дальностью до 300 км на одной зарядке. К 2030 году планируется внедрение AV в 10% промышленного транспорта, что сократит простои и энергозатраты на 15–25%.

- Телематические системы.

Телематика включает системы сбора и анализа данных в реальном времени (IoT, GPS, 5G), интегрированные с энергоменеджментом. Они позволяют мониторить состояние батарей, оптимизировать маршруты для минимизации энергопотребления и предиктивное обслуживание. В России телематические платформы развиваются: например, системы «ЭРА-ГЛОНАСС» расширяются для EV, предоставляя данные о заряде

и ближайших станциях. Это особенно полезно для гибридных и водородных ТС, где ИИ управляет переключением между источниками энергии, повышая эффективность на 20–30%.

Применение автоматизации по уровням представлено в таблице 17.

Таблица 17 – Уровни автоматизации по классификации SAE, их применением в России и преимуществами для энергоперехода

Уровень автоматизации	Описание	Примеры проектов в России	Преимущества для энергоперехода
2 (Частичная)	Ассистенты: адаптивный круиз-контроль, парковка	Lada Vesta с адаптивным контролем (АВТОВАЗ)	Снижение энергозатрат до 10% за счет оптимизации движения
3 (Условная)	Автономия с контролем водителя	Электробусы в Москве (КАМАЗ)	Интеграция с телематикой, улучшение энергоменеджмента
4 (Высокая)	Полная автономия в ограниченных зонах	Беспилотные грузовики в Иннополисе	Эффективность в удаленных районах (экономия до 25%)
5 (Полная)	Автономия в любых условиях	Тестирование в Сколково	Полная оптимизация для нулевых выбросов

Эти уровни автоматизации и российские проекты отражают текущие возможности и планы развития автономного транспорта. Они усиливают синергию между цифровыми технологиями и энергопереходом, обеспечивая повышение безопасности, эффективности и экологичности транспортной системы с учетом российских реалий.

4.3. Прогнозы энергетического перехода транспортного сектора

Прогнозы и стратегия развития энергетического перехода транспортного сектора в России до 2030 года ориентированы на формирование масштабной, устойчивой и сбалансированной экосистемы, интегрирующей различные сценарии (электро, водород, гибрид)

Интегрированный подход демонстрирует, что успешное преодоление барьеров – это комплексная система действий, направленная на устойчивое и инновационное развитие транспортного сектора России. В итоге, барьеры энергетического перехода транспорта в России, от технологических и экономических до регуляторных, инфраструктурных и социальных, представляют собой взаимосвязанную систему вызовов, требующую комплексного, многоуровневого подхода. Успешное их преодоление зависит от синергии усилий государства (через политику и финансирование), бизнеса (инновации и инвестиции) и научного сообщества (R&D и образование), с учетом уникальных российских факторов, таких как климат и география.

По официальной концепции развития электротранспорта, к 2030 году доля выпускаемых электромобилей должна составить около 10% отечественного автопрома, с общим парком более 1,4 млн электромобилей. Проекты развития инфраструктуры и технологий синхронизированы с национальными программами цифровизации и технологического суверенитета, что способствует устойчивому экологическому переходу российского транспорта.

Среднесрочные цели (2026–2030) нацелены на активную локализацию производства комплектующих для аккумуляторных батарей, что снижает зависимость от импорта (с текущих 70–80% до 40–50%) и укрепляет технологическую независимость России. Это включает создание производственных кластеров в регионах вроде Ульяновской области и Татарстана, с фокусом на литийионные и натрийионные технологии. Координация действий государства и бизнеса станет определяющей для успешной реализации этих задач: через механизмы PPP (public-private partnerships) и национальные проекты, такие как «Автонет», планируется инвестировать до 1 трлн руб. в R&D и производство. Эти цели также подразумевают интеграцию с цифровыми системами для оптимизации логистики и энергоменеджмента, с ожидаемым ростом доли "зеленого" транспорта до 10–15% в общем парке. По прогнозам ВЭБ.РФ, это приведет

к созданию 200 000 новых рабочих мест и снижению энергозатрат в транспорте на 10–15%.

Ключевые цели и индикаторы на 2026–2030 годы представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Среднесрочные цели и ключевые действия (2026–2030)

Цель	Ключевые действия	Ожидаемые результаты
Локализация производства	Создание производственных мощностей, импортозамещение	Снижение зависимости от импорта до 40–50%
Координация государства и бизнеса	Реализация PPP-моделей, поддержка национальных проектов	Привлечение инвестиций на сумму около 1 трлн рублей. Доля "зеленого" транспорта 10–15%
Интеграция цифровых систем	Развитие телематических платформ, ИИ для управления	Интеграция в 70% транспорта
Рост рабочих мест и эффективности	Образовательные программы и оптимизация процессов	Создание 200 000 рабочих мест; сокращение потребления энергии на 10–15%
Зарядная инфраструктура	Масштабирование использованием ВИЭ	50 000 зарядных станций, 20% – с ВИЭ
Нормативная база	Разработка стандартов для AV и V2G	Полное нормативное регулирование
Экспорт и сотрудничество	Расширение на внешние рынки.	Экспорт на сумму 500 млрд рублей

Эти действия создают прочную базу для дальнейшего устойчивого роста рынка электромобилей и цифровой трансформации транспортной сферы

К 2030 году в России будет создана устойчивая и масштабируемая экосистема интеллектуальных транспортных систем и цифровых сервисов, интегрирующая телематику, ИИ и блокчейн для оптимизации трафика и энергопотребления. Инфраструктура зарядки должна масштабироваться по всей стране, с особым вниманием к регионам и федеральным трассам, включая внедрение проектов с использо-

ванием локальных накопителей энергии (батареи до 1 МВт·ч) и интеграции зарядных станций с цифровыми платформами для управления транспортом («Автонет»). В ряде регионов реализуются пилотные зарядные узлы, работающие на возобновляемых источниках энергии (солнечные и ветровые), такие как в Краснодарском крае и Бурятии. Стратегия предусматривает снижение импортозависимости через локализацию производства аккумуляторов и силовой электроники, с целью достижения 60–70% отечественных компонентов.

Особое внимание будет уделяться развитию транспортных решений для удаленных и экстремальных территорий России, таких как Арктика и Сибирь. Там эффективны проекты с электробусами и электросамосвалами, заряжаемыми от возобновляемых источников (например, ветровые станции в ЯНАО), а также беспилотными системами для доставки грузов в труднодоступных районах (пилоты в Чукотке с дронами и AV-грузовиками). Региональное развитие сопровождается расширением экспорта российских технологических решений на рынки СНГ, Азии, Латинской Америки и Африки, где компании вроде КАМАЗ и Росатома смогут активно укреплять позиции на международном уровне, с прогнозируемым экспортом на 500 млрд руб. к 2030 году.

Нормативно-правовое регулирование продолжает совершенствоваться, включая стандарты безопасности для автономных систем (SAE уровни 4–5) и протоколы, позволяющие электромобилям взаимодействовать с энергетическими сетями (V2G), создавая новые источники дохода для владельцев (до 10 000 руб. в год за участие в балансировке сетей).

Важным направлением энергетического перехода остается развитие технологий утилизации аккумуляторов (recycling) и повышение общественной осведомленности о преимуществах электромобильности. Уже сегодня реализуются проекты по переработке батарей, такие как центры «Росатома» в Москве и Екатеринбурге, где извлекается до 95% ценных материалов, минимизируя экологический ущерб и снижая затраты на новые батареи на 20–30%. Образовательные кампании (через Минобрнауки и СМИ) способствуют формированию положительного отношения потребителей, развеивая мифы о «range anxiety» и подчеркивая экономию (до 50% на топливе), что стимулирует развитие вторичного рынка EV (прогнозируемый рост до 15%

от продаж к 2030 году). Эти инициативы интегрируются с социальными программами, включая субсидии для малообеспеченных слоев населения, чтобы сделать переход инклюзивным.

Долгосрочные перспективы (2031–2035) предполагают полное интегрирование электротранспорта в национальную транспортную систему с долей не менее 30% от всего парка легковых автомобилей, а также значительный рост в общественном и грузовом сегментах. К этому времени планируется почти полная локализация производства ключевых компонентов (батареи, электроника), развитие разветвленной сети зарядных станций (около 150 тысяч, включая быстрые DC-станции мощностью до 350 кВт), масштабное внедрение водородных заправок (HRS, до 1000 единиц) и развитие технологий V2G (Vehicle-to-Grid) и локальных энергохранилищ для поддержания устойчивости энергетических систем.

Эти меры позволяют интегрировать транспорт с "умными" сетями, где EV служат как мобильные аккумуляторы, балансируя пиковые нагрузки и снижая энергозатраты на 15–20%. Прогнозы основаны на сценариях Минэнерго, с учетом глобальных тенденций (например, EU Green Deal), и предполагают снижение выбросов CO₂ в транспорте на 40–50% по сравнению с 2020 годом. Ключевой фактор — переход к циркулярной экономике, с акцентом на recycling и устойчивые материалы

Ключевые цели и индикаторы на 2031–2035 годы представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Ключевые цели и индикаторы на 2031–2035 годы

Цель	Описание	Целевые показатели	Потенциальные вызовы
Доля электротранспорта	Массовая интеграция электромобилей в систему	≥30% доля электротранспорта в легковом парке	Климатические условия в регионах
Локализация производства	Существенное снижение зависимости от импорта	90–100% локализация ключевых компонентов	Проблемы в глобальных цепочках поставок
Разветвленная сеть зарядных станций	Обеспечение свободного доступа к инфраструктуре	~150 000 зарядных станций	Высокие инвестиционные риски

Окончание табл. 19

Цель	Описание	Целевые показатели	Потенциальные вызовы
Водородные заправки и V2G	Масштабное распространение Водородных заправок и технологий "автомобиль-сеть"	1000 водородных заправок; 50% электромобилей с V2G	Технологическая зрелость
Энергохранилища	Внедрение локальных систем для устойчивости баланса энергопотребления	Интеграция энергохранилищ в 70% регионов	Регуляторные и технические барьеры
Утилизация аккумуляторов	Развитие переработки и циркулярной экономики	Извлечение до 95% материалов	Экологические и технические барьеры
Общественная осведомленность	Информационные кампании и образовательные программы	70% населения с положительным отношением к EV	Программы Минобрнауки, СМИ-кампании

Эти цели отражают планы России по упрочнению позиций лидера в области экологически чистого транспорта, с акцентом на технологическую независимость, расширение инфраструктуры и интеграцию в цифровую энергосистему.

К 2035 году планируется достичь доли электромобилей порядка 25–30% в общем автопарке (с ростом до 50% в мегаполисах), создать сотни тысяч зарядных портов (до 200 000) и водородных заправок (до 2000), а также локальные системы хранения энергии (до 10 ГВт·ч суммарно) для повышения устойчивости всей энергетической системы. Это позволит балансировать сети, интегрируя ВИЭ и V2G, с ожидаемым снижением энергозависимости от импорта на 80% и вкладом в ВВП до 3–4% (см. табл. 28). Прогнозы учитывают сценарии (оптимистичный – при сильной поддержке; консервативный – с учетом рисков), с фокусом на экспорт технологий в развивающиеся рынки.

Выводы по главе 4

Глобальные и российские тенденции в сфере энергетического перехода транспорта свидетельствуют о значительных изменениях в мировой и национальной транспортной инфраструктуре, обусловленных многоплановым внедрением экологически чистых технологий и цифровых инноваций. Например, по данным Международного энергетического агентства (IEA), к 2030 году доля электромобилей в глобальных продажах может достичь 30–40%, что стимулирует инвестиции в инфраструктуру и ВИЭ. За ближайшие 5–10 лет электротранспорт станет краеугольным камнем устойчивого и технологически прогрессивного развития, отвечая современным требованиям не только по снижению выбросов CO₂ (на 20–30% в транспортном секторе), но и по повышению качества жизни населения через доступный и безопасный транспорт, улучшение безопасности дорожного движения за счет ИИ и телематики, а также оптимизации логистических цепочек с использованием данных в реальном времени. Это создает основу для снижения аварийности на 10–15% и оптимизации трафика в мегаполисах, как демонстрируют пилотные проекты в Москве и Санкт-Петербурге.

Рыночная и технологическая экосистема объединяет достижения автомобильной промышленности, возобновляемой энергетики, цифровых платформ и телекоммуникаций, задавая новую траекторию развития транспорта. Однако проблемы концентрации инфраструктурных и сервисных ресурсов в мегаполисах создают вызовы равномерного развития, такие как отставание регионов от центральных районов в доступе к зарядным станциям и цифровым сервисам. Эти вызовы требуют комплексных мер по поддержке региональных рынков, распространению доступных цифровых сервисов через мобильные приложения и выработке национальных стандартов. При этом возрастает роль межотраслевого взаимодействия для построения сквозных решений, обеспечивающих высокую эффективность систем мобильности. Например, сотрудничество между Росатомом, КАМАЗом и Yandex позволяет создавать интегрированные платформы, где энергетика, транспорт и IT сливаются в единую систему, способствуя росту рынка Автонет до 500 млрд руб. к 2030 году и созданию 100 000 рабочих мест в смежных отраслях.

Экономические факторы продолжают оказывать существенное влияние на скорость энергоперехода. Первоначальная высокая сто-

имость техники и сопутствующих услуг, а также издержки, связанные с налогами и тарифами на дороги, остаются барьерами для широкого потребления. В России средняя цена электромобиля на 30–50% выше аналогов с ДВС, что тормозит массовое внедрение, особенно среди малого бизнеса и частных пользователей. Исследования стоимости владения (ТСО) электрогрузовиками и традиционными дизельными транспортными средствами демонстрируют преимущества электрификации в эксплуатации – экономия на топливе и обслуживании может достигать 20–30% за 5 лет. Однако административные барьеры, такие как сложные процедуры сертификации и отсутствие унифицированных тарифов, снижают ее коммерческую привлекательность. Улучшение нормативно-правовой среды, включая налоговые льготы (до 25% на импорт компонентов) и усиление поддержки отечественного производства необходимы для создания конкурентоспособной и доступной транспортной отрасли. Это позволит локализовать до 70% производства батарей и компонентов, снизить зависимость от импорта и стимулируя экспорт на рынки СНГ и Азии.

Отрасль продолжает находиться в фазе формирования, что требует устойчивых рыночных моделей и механизмов поощрения инноваций, а также гибкого регулирования, способного быстро реагировать на технологические изменения и запросы потребителей. Важнейшее значение в обеспечении устойчивого развития имеет создание дифференцированной, доступной и управляемой тарифной политики на электроэнергию с учетом региональных временных зон и нагрузок, которая стимулирует развитие инфраструктуры и повышает экономическую эффективность инвестиций.

Комплексный и интегральный подход к развитию энергетического перехода предусматривает активное сотрудничество государства, промышленности и научных структур в области технологий, кадрового обеспечения, инвестиционной привлекательности и нормативной поддержки. Это позволит обеспечить сбалансированное сочетание экономической эффективности, социальной справедливости и экологической безопасности.

Долгосрочные планы включают значительное расширение парка электромобилей и коммерческого электротранспорта до 25–30% от общего парка, создание сотен тысяч новых зарядных станций (до 200 000) и водородных заправок (до 2000), а также разверты-

вание локальных систем энергохранения (суммарно 10 ГВт·ч), которые будут интегрированы с возобновляемыми источниками энергии и обеспечат надежность работы всей энергетической и транспортной системы. Приведенный пример расчета перспектив владения электрогрузовиком показывает безусловную правильность энергетического перехода на автотранспорте. В результате таких комплексных усилий будет построена современная транспортная экосистема, способная не только справляться с текущими вызовами, такими как урбанизация и климатические изменения, но и гибко адаптироваться к энергетическим, технологическим и социальным изменениям будущего. Это создаст для России условия для устойчивого экономического роста (добавление 2–3% к ВВП), повышения конкурентоспособности через экспорт и благополучия населения, а также для глобального лидерства в области экологически чистого транспорта и цифровых транспортных решений.

Поддержка инновационных проектов и подготовка системных образовательных программ обеспечат приток высококвалифицированных и создание условий для развития стартапов и новых технологических компаний, что повысит инновационную динамику и конкурентоспособность российского транспортного сектора. Вместе с увеличением инвестиций в инфраструктуру и науку это создаст фундамент для прорывных технологий, таких как автономные электробусы и водородные грузовики, обеспечивая экономическую стабильность отрасли на десятилетия вперед. В итоге, энергетический переход на рынке Автонет позиционирует Россию как инновационного лидера, гармонично сочетающего традиции и будущее для устойчивого прогресса.

Глава 5. РЕКОМЕНДАЦИИ РАЗВИТИЯ РЫНКА ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННОГО ТРАНСПОРТА

5.1. Совершенствование государственного регулирования и поддержки

Для ускоренного развития рынка интеллектуальных транспортных систем и электрифицированного транспорта в России необходимо продолжить системное и последовательное улучшение нормативно-правового поля, которое в настоящее время все еще содержит ряд устаревших норм, тормозящих инновации. Основная задача — упростить и цифровизировать процедуры регистрации, сертификации и эксплуатации инновационного транспорта, что позволит снизить административные барьеры, сократить сроки оформления документов с нынешних 3–6 месяцев до 1–2 недель и повысить прозрачность и предсказуемость государственных услуг для производителей и потребителей. Например, внедрение единой цифровой платформы на базе «Госуслуг» могло бы автоматизировать подачу заявок на сертификацию электромобилей и автономных систем, интегрируя данные из Росстандарта, Минпромторга и ГИБДД, что не только ускорит процессы, но и минимизирует коррупционные риски за счет блокчейн-технологий для отслеживания. Это особенно актуально для рынка Автонет, где быстрая адаптация к новым технологиям, таким как V2X-связи, определяет конкурентоспособность. Кроме того, такие меры стимулируют инвестиции: по оценкам ВШЭ, упрощение бюрократии может привлечь дополнительные 500 млрд руб. в сектор к 2030 году, способствуя росту доли отечественных разработок с 40% до 70%.

Ключевым направлением является обеспечение гармонизации национального законодательства с международными стандартами и практиками, особенно в сегментах телематических систем и интеллектуальной городской мобильности, что способствует увеличению экспортного потенциала российских разработок. В частности, адаптация норм ЕС (например, стандартов Euro 6 для экологии и UNECE

для автономного вождения) позволит российским компаниям, таким как КАМАЗ или Yandex, выходить на глобальные рынки без дополнительных пересертификаций, повышая экспорт на 20–30% ежегодно. Важна координация действия с законодательством стран Евразийского экономического союза (ЕАЭС), включая Казахстан и Беларусь, для упрощения трансграничного функционирования интеллектуальных транспортных систем. Это подразумевает создание единого регуляторного пространства для беспрепятственного перемещения автономных грузовиков через границы, с унифицированными требованиями к кибербезопасности и данным, что усилит интеграцию в "Один пояс — один путь" и другие международные инициативы. В результате, Россия сможет позиционировать себя как хаб для ИТС в Евразии, с прогнозируемым ростом рынка до 1 трлн руб. к 2035 году.

Также необходимо активизировать цифровизацию государственного регулирования, включая автоматизацию документооборота и мониторинг транспортных процессов с использованием интеллектуальных платформ, что повысит эффективность контроля и управления инновационной транспортной инфраструктурой. Например, внедрение ИИ-систем для реального времени мониторинга (как в проекте «Умный город») позволит автоматически отслеживать соблюдение экологических норм электромобилей, генерируя отчеты и штрафы без человеческого вмешательства, что сократит административные расходы на 15–20% и повысит точность данных. Такие платформы, интегрированные с национальными системами вроде «ЭРА-ГЛОНАСС», обеспечат сбор big data для анализа трафика, предиктивного обслуживания инфраструктуры и оптимизации энергопотребления, способствуя снижению пробок на 10–15% в мегаполисах. Это также облегчит интеграцию с частными сервисами, такими как приложения для каршеринга, создавая единую экосистему для пользователей и регуляторов.

Государственные механизмы поддержки должны быть гибко адаптированы к быстро меняющимся рынкам и технологиям. Это включает расширение и обновление программ субсидирования, налоговых льгот и стимулирования инвестиций в НИОКР, производство и инфраструктуру. В частности, развитие программ поддержки стартапов и малых инновационных и технологических предприятий будет способствовать ускоренному внедрению новых технологий и

увеличению доли отечественных разработок. Например, расширение грантов от Фонда развития промышленности (до 100 млн руб. на проект) для разработчиков батарей и софта для автономного вождения могло бы стимулировать создание 500–1000 новых стартапов к 2030 году, с фокусом на регионы вроде Татарстана и Новосибирска. Дополнительно, введение «зеленых» налоговых вычетов (до 30% от инвестиций) для компаний, внедряющих ВИЭ в транспорт, усилит привлекательность сектора для венчурного капитала, привлекая иностранные инвестиции от партнеров вроде Tesla или Huawei. Важным организационным шагом будет формирование и утверждение актуальных комплексных дорожных карт, обеспечивающих координацию всех ключевых участников рынка Автонет, станет важным шагом в формировании устойчивой и конкурентоспособной среды, где инновационные решения будут оперативно интегрироваться в реальный сектор экономики. Такие карты, обновляемые ежегодно Минтрансом и Минэкономразвития, должны включать этапы от R&D до коммерциализации, с четкими KPI по доле EV (до 25%) и инфраструктуре (150 000 станций), а также механизмами для межведомственного сотрудничества, чтобы избежать дублирования усилий и оптимизировать бюджетные расходы.

В этом контексте важно обеспечить не только создание новых, но и поддержку действующих стандартов безопасности, экологичности и качества, включая особенности для инновационных компонентов: аккумуляторов, систем автономного управления, кибербезопасности и телематики. Например, обновление ГОСТов для батарей должно учитывать циклы переработки (до 95% материалов), чтобы минимизировать экологический вред, а стандарты для автономных систем — уровни автоматизации по SAE (от 3 до 5), с обязательным тестированием в реальных условиях, включая арктический климат. Это повысит доверие потребителей и снизит риски аварий, как показывают международные кейсы (например, Waymo в США). Поддержка этих стандартов через государственные лаборатории и сертификационные центры обеспечит качество отечественной продукции, стимулируя экспорт и интеграцию в глобальные цепочки поставок.

Наконец, государственное регулирование должно содержать отдельные положения для управления вопросами защиты данных и обеспечения кибербезопасности, учитывая растущую значимость цифровых сервисов и автономных транспортных средств. В эпоху,

когда ИТС собирают петабайты данных о перемещениях, необходимо внедрение норм, аналогичных GDPR в ЕС, с обязательным шифрованием и анонимизацией данных, чтобы предотвратить утечки и кибератаки. В России это может быть реализовано через Федеральный закон «О персональных данных» с дополнениями для транспорта, включая создание национального центра кибербезопасности для Автонет, который будет мониторить угрозы в реальном времени и проводить аудиты. Такие меры не только защитят пользователей (снижение рисков на 30–40%), но и повысят привлекательность рынка для инвесторов, способствуя росту сектора на 15–20% ежегодно. В целом, совершенствование регулирования и поддержки создаст благоприятную среду для инноваций, где государство выступает не только контролером, но и партнером бизнеса, обеспечивая баланс между безопасностью, экологией и экономическим ростом для устойчивого развития транспортного сектора в России.

5.2. Масштабное и сбалансированное развитие инфраструктуры

Для повышения энергоэффективности и устойчивости транспортной системы в России важным направлением является всесторонняя интеграция зарядных станций с национальной энергетической сетью, что позволит создать единую экосистему, где транспорт и энергетика взаимно усиливают друг друга. Речь идет не только о расширении сети зарядных устройств, по планам Минэнерго, к 2030 году их количество должно вырасти с текущих 5 000 до 150 000 по всей стране, с акцентом на федеральные трассы и регионы вроде Сибири и Дальнего Востока, но и об обеспечении ее интеллектуального взаимодействия с энергосистемой, что позволит превратить электромобили в активный элемент энергосистемы. Это подразумевает использование смарт-гридов, где зарядные станции не просто потребляют энергию, а участвуют в балансировке нагрузки, интегрируясь с возобновляемыми источниками энергии (ВИЭ), такими как солнечные и ветровые фермы. В результате, такая интеграция может снизить общие энергозатраты на 10–15% за счет оптимизации пиковых нагрузок и уменьшения потерь в передаче, как демонстрируют успешные проекты в Европе (например, в Германии с ее Energiewende). В рос-

сийском контексте это особенно актуально для регионов с нестабильным энергоснабжением, где интеграция с локальными ВИЭ (например, ветропарками в Калининградской области) обеспечит надежность и снизит зависимость от импортного топлива, способствуя национальной энергетической безопасности и сокращению выбросов CO₂ на 20–25% в транспортном секторе. Кроме того, это стимулирует инвестиции: по оценкам Росатома, вложения в такую инфраструктуру могут привлечь до 1 трлн руб. от частного сектора, создав тысячи рабочих мест в строительстве и обслуживании.

Ключевым технологическим аспектом является внедрение и развитие технологии V2G (Vehicle-to-Grid), которая позволяет электромобиям возвращать избыточную энергию обратно в сеть в периоды пиковых нагрузок, превращая парк EV в распределенную систему хранения энергии. В России пилотные проекты V2G уже тестируются в Москве и Санкт-Петербурге, где электробусы и грузовики (например, от КАМАЗ) могут отдавать до 50 кВт·ч энергии во время простоя, стабилизируя сеть и снижая риск перегрузок, особенно в вечерние часы. Это решение способствует стабилизации энергосистемы, снижает риск перегрузок и сокращает затраты на электроэнергию для пользователей, экономия может достигать 20–30% на тарифах благодаря динамическому ценообразованию. Глобальные примеры, такие как программа Nissan в Японии, показывают, что V2G может увеличить емкость сети на 10–15% без дополнительных инвестиций в генерацию, а в России это особенно полезно для баланса сезонных нагрузок (зимой для отопления). Однако для полномасштабного внедрения требуется стандартизация протоколов (например, ISO 15118) и стимулы, такие как субсидии для владельцев EV (до 10% от стоимости за участие в V2G), что ускорит переход и интегрирует транспорт в «умную» энергетику, потенциально сэкономяв энергосистеме до 500 млрд руб. к 2035 году за счет снижения нужды в резервных мощностях.

Важной составляющей эффективной интеграции является создание локальных энергохранилищ, которые аккумулируют энергию, обеспечивают ее распределение в периоды повышенного спроса и взаимодействуют с зарядной инфраструктурой, формируя микросети для автономного функционирования. В России такие хранилища на базе литийионных или твердотельных батарей (разрабатываемых Росатомом) могут быть размещены на зарядных хабах вдоль трасс М-4 «Дон» или в промышленных зонах, с емкостью от 1 МВт·ч, что

позволит накапливать избыток от ВИЭ днем и отдавать его вечером, повышая надежность системы и снижая зависимость от централизованных мощностей. Это особенно критично для удаленных регионов, таких как Якутия, где локальные хранилища, интегрированные с солнечными панелями, минимизируют простои из-за отключений и снижают затраты на дизель-генераторы на 40–50%. По прогнозам Минэнерго, к 2030 году сеть таких хранилищ может достичь 5 ГВт·ч, способствуя декарбонизации и повышению устойчивости к климатическим вызовам, с экономическим эффектом в виде снижения потерь энергии на 15% и создания новых рынков для отечественных производителей батарей. Кроме того, это стимулирует циркулярную экономику через переработку отработанных аккумуляторов, с целевыми показателями recycling на уровне 80–90%, что минимизирует экологический след и открывает ниши для МСП в сфере обслуживания.

Системы интеллектуального управления энергопотоками позволяют оптимизировать потребление энергии, прогнозировать нагрузки и выбирать наиболее выгодные тарифы для зарядки, что будет стимулировать экономию ресурсов и устойчивое развитие. Эти системы, основанные на ИИ и машинном обучении, анализируют данные о погоде, трафике и энергопотреблении для предиктивного планирования, например, перенаправляя зарядку на ночные часы с низкими тарифами (снижение на 20–30 руб./кВт·ч). Интеллектуальные платформы управляют зарядками в режиме реального времени, обеспечивают мониторинг и диагностику оборудования (с предупреждением о сбоях за 24 часа) и взаимодействуют с пользователями через мобильные приложения, предлагая персонализированные рекомендации, такие как оптимальные маршруты с учетом доступных станций. В России платформы вроде «Россети» уже интегрируют такие функции в проекты «Умный город», где приложения для EV-владельцев (например, от Yandex) позволяют бронировать слоты и платить бесконтактно, повышая удобство и снижая время ожидания на 50%. Это не только оптимизирует энергопотребление (снижение пиковых нагрузок на 15–20%), но и стимулирует массовое принятие EV, с прогнозом роста парка до 1 млн единиц к 2030 году, способствуя интеграции с общественным транспортом и логистикой для создания полноценной «зеленой» инфраструктуры. В целом, масштабное развитие инфраструктуры обеспечит баланс между технологиями, экономикой и экологией, позиционируя Россию как лидера в устойчивом транспорте.

5.3. Научно-техническая политика и инновации

Государственная политика в сфере развития электрифицированного транспорта должна быть направлена на комплексную поддержку научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) в ключевых технологических областях, что позволит России не только догнать глобальных лидеров, таких как Китай и США, но и занять ниши в инновационных сегментах.

В первую очередь акцент необходимо сделать на разработке и совершенствовании аккумуляторных технологий, включая литийионные, твердотельные и натрийионные батареи, которые повысят дальность хода EV до 800–1000 км и снизят стоимость на 30–40% за счет локализации производства (например, в проектах Росатома с использованием сибирских ресурсов лития).

Далее, системы автономного управления транспортом требуют фокуса на уровнях автоматизации SAE 4-5, с интеграцией сенсоров, радаров и лидаров для безопасного вождения в сложных условиях, таких как российские зимы, что может снизить аварийность на 20–30% и оптимизировать логистику в грузовом секторе. Кибербезопасность становится критической для защиты от хакерских атак на подключенные системы, с разработкой отечественных протоколов шифрования и мониторинга, аналогичных стандартам ISO/SAE 21434, чтобы предотвратить уязвимости в телематике и V2X-связях.

Наконец, программное обеспечение, включая ОС для автономных транспортных средств и алгоритмы ИИ, должно быть ориентировано на отечественные платформы, обеспечивая технологический суверенитет и повышение конкурентоспособности российского рынка Автонет, с потенциалом экспорта ПО на рынки СНГ и Азии, где спрос на «зеленые» решения растет на 15–20% ежегодно. Такая политика, поддержанная федеральными программами вроде «Национальной технологической инициативы», обеспечит инвестиции в НИОКР до 500 млрд руб. к 2030 году, стимулируя инновации и создавая 50 000 высокотехнологичных рабочих мест.

Важным условием успешной реализации стратегических целей является активная кооперация научных учреждений, промышленных предприятий и инновационных стартапов, которая создаст синергию для ускоренного развития. Например, партнерства между вузами (МГУ, МФТИ), корпорациями (КАМАЗ, Yandex) и стартапами

(через акселераторы вроде Сколково) уже демонстрируют эффективность в проектах по автономным грузовикам, где совместные лаборатории сокращают время от идеи до прототипа с 3–5 лет до 1–2 лет.

Такое сотрудничество обеспечит эффективный трансфер технологий от лабораторий к производству и рынку, снижение коммерческих рисков через совместное финансирование и распределение экспертизы, а также ускорение внедрения инновационных решений, таких как AI-платформы для предиктивного обслуживания. В результате, это повысит долю отечественных технологий в рынке EV с 40% до 70%, минимизируя зависимость от импорта и способствуя созданию кластеров в регионах вроде Татарстана и Москвы, где межотраслевое взаимодействие может генерировать добавленную стоимость до 1 трлн руб. ежегодно.

Для усиления научно-технической базы рекомендуется развитие специализированных площадок для тестирования прототипов и пилотных проектов, где можно проводить апробацию технологий в условиях, приближенных к реальным, включая экстремальный климат, городскую среду и федеральные трассы. В России такие полигоны, как «Автодром» в Подмоскowie или тестовые зоны в Иннополисе, позволяют моделировать сценарии с участием до 100 единиц техники, выявляя недостатки (например, в работе батарей при -30°C), адаптировать решения под практические требования (интеграция с «ЭРА-ГЛОНАСС») и снижать риски при масштабировании, сокращая затраты на доработки на 25–30%. Это не только ускорит сертификацию, но и привлечет международных партнеров, таких как Bosch или Huawei, для совместных тестов, способствуя глобальному признанию российских разработок и росту экспорта на 15–20%.

Государственная поддержка НИОКР должна обеспечиваться через гибкие финансовые инструменты, включая гранты (до 100 млн руб. на проект от Фонда содействия инновациям), субсидии на закупку оборудования, льготное налогообложение (снижение ставки до 5% для R&D-компаний) и другие меры стимулирования, такие как венчурные фонды с государственным участием. Эти инструменты, адаптированные к этапам инноваций (от фундаментальных исследований до коммерциализации), позволят малым предприятиям конкурировать с гигантами, с целевыми показателями по возврату инвестиций в 2–3 года и созданием 200–300 патентов ежегодно в сфере EV.

Кроме того, необходима цифровизация процессов научной деятельности, внедрение современных методов управления проектами (Agile, Scrum) и обмен данными через облачные платформы, что ускорит инновационную динамику, сократив время на коллаборацию с 1–2 месяцев до дней и повышая эффективность на 40%. Образовательные и исследовательские программы должны комплексно формировать кадры, способные работать с новейшими технологиями, включая искусственный интеллект, машинное обучение и анализ больших данных, через специализированные курсы в вузах (например, в НТИ-университетах) и стажировки в компаниях, с целью подготовки 100 000 специалистов к 2030 году. В итоге, такая политика не только усилит технологический суверенитет, но и обеспечит устойчивое развитие электрифицированного транспорта, интегрируя науку, бизнес и образование для глобальной конкурентоспособности России.

5.4. Развитие кадрового потенциала и образовательных технологий

Современные интеллектуальные транспортные системы (ИТС) и электрифицированный транспорт характеризуются высокой технологической сложностью, что требует подготовки высококвалифицированных специалистов широкого профиля, способных интегрировать знания из инженерии, IT, энергетики и управления. Инженеры, специализирующиеся на разработке автономных систем и батарей, программисты для создания алгоритмов ИИ и телематики, операторы интеллектуальных систем для мониторинга трафика в реальном времени, а также эксперты по эксплуатации зарядной и энергетической инфраструктуры (включая V2G-технологии и смарт-гриды) становятся ключевыми кадрами, обеспечивающими надежную работу и развитие транспортной отрасли. По оценкам Минтранса, к 2030 году России потребуется не менее 200 000 таких специалистов для поддержки роста рынка Автонет, где дефицит кадров может замедлить внедрение EV и ИТС на 20–30%, особенно в регионах с развивающейся инфраструктурой.

Эти профессионалы не только обеспечивают безопасность и эффективность (снижение аварийности на 15–20% за счет ИИ), но и способствуют инновациям, таким как интеграция с «умными городами», что повышает конкурентоспособность отрасли и добавляет

1–2% к ВВП через новые сервисы. Государственная политика должна фокусироваться на создании экосистемы образования, где акцент на междисциплинарных навыках, включая анализ больших данных и кибербезопасность, чтобы минимизировать риски и ускорить переход к устойчивому транспорту.

Ведущие российские университеты, такие как Московский политехнический университет (Московский Политех) и Санкт-Петербургский государственный морской технический университет (СПбГМТУ), развивают и внедряют современные образовательные программы, включая бакалавриат и магистратуру, ориентированные на изучение интеллектуальных транспортных систем, электротранспорта и связанных областей, таких как робототехника и возобновляемая энергетика. Например, в Московском Политехе программа «Интеллектуальные транспортные системы» сочетает теоретические курсы по электродинамике и ИИ с практическими модулями по моделированию трафика, готовя студентов к работе в компаниях вроде Яндекс или КАМАЗ, с ежегодным выпуском 500–700 специалистов.

Аналогично, СПбГМТУ фокусируется на морском и наземном транспорте, интегрируя курсы по автономным судам и электромобилям, с учетом специфики климата (например, арктические условия), что актуально для портовых регионов. Значимым элементом этих программ является использование инновационных образовательных технологий – виртуальной и дополненной реальности (VR/AR) для симуляции сценариев вождения и ремонта, дистанционных образовательных платформ (таких как Moodle или Coursera-адаптации) для гибкого обучения, и интерактивных тренажеров, имитирующих управление зарядными станциями или автономными грузовиками. Эти инструменты позволяют эффективно осваивать сложные технические навыки в безопасной и контролируемой среде, снижая затраты на обучение (до 40% за счет онлайн-формата), как показывают пилотные проекты в партнерстве с Росатомом. В результате, такие программы не только готовят кадры, но и способствуют международному признанию, с возможностью сертификации по глобальным стандартам (например, от IEEE), усиливая экспорт образовательных услуг.

Научно-исследовательские центры должны тесно сотрудничать с промышленными предприятиями и стартапами, реализуя совместные проекты, пилотные программы и научные исследования, что

способствует созданию высококвалифицированного кадрового резерва, способного оперативно реагировать на изменения рынка и технологические вызовы, такие как обновления в 5G для V2X или новые стандарты батарей. Например, центры вроде ВШЭ или Института проблем транспорта РАН уже партнерствуют с «Россетями» и стартапами в Сколково для разработки ИИ-моделей предиктивного обслуживания, где студенты и исследователи участвуют в реальных проектах, сокращая разрыв между теорией и практикой на 50% и ускоряя инновации (время от идеи до внедрения 1–2 года). Это сотрудничество также включает стажировки и хакатоны, генерируя патенты и стартапы, с целевыми показателями по созданию 100–200 новых компаний ежегодно, что усиливает технологический суверенитет и снижает зависимость от импорта на 20–30%.

Особое внимание уделяется программам переподготовки и повышения квалификации специалистов из традиционных отраслей, таких как автомобилестроение, энергетика и IT-сфера, где опытные работники (например, инженеры ДВС) проходят модульные курсы по EV-технологиям и ИТС, продолжительностью 3–6 месяцев, с использованием онлайн-платформ и симуляторов. Эти инициативы, поддержанные Минобрнауки и корпоративными программами (например, от Газпрома), помогают быстро перенаправлять опытных работников в новые технологические сегменты, минимизируя кадровые риски (снижение текучести на 15%) и ускоряя внедрение инноваций, таких как интеграция ИИ в логистику, с экономическим эффектом в виде роста производительности на 10–15%. Дополнительно, широкомасштабные форумы, конференции и отраслевые мероприятия, посвященные цифровизации транспорта и интеллектуальным системам (например, «Автонет» или «Иннопром»), способствуют обмену опытом, распространению лучших практик (кейсы от Tesla или Baidu) и формированию сообществ профессионалов, с участием тысяч экспертов ежегодно. Эти события стимулируют кадровый рост через нетворкинг, мастер-классы и сертификации, способствуя созданию национальной экосистемы, где знания циркулируют свободно, повышая общую компетентность отрасли и позиционируя Россию как хаб для талантов в «зеленом» транспорте. В итоге, комплексный подход к подготовке кадров обеспечит устойчивое развитие сектора, гармонично сочетая образование, науку и бизнес для инновационного прорыва.

5.5. Экологические стандарты и устойчивость

Усиление экологических требований к производству, эксплуатации и утилизации электротранспорта является фундаментальным элементом устойчивого развития транспортного сектора в России, способствуя переходу к «зеленой» экономике и снижению углеродного следа. С целью снижения загрязнения и поддержки зеленой экономики государство внедряет комплекс экологических стандартов, которые охватывают весь жизненный цикл электротранспорта, от добычи сырья до финальной переработки, включая требования к энергоэффективности и минимизации отходов. Важнейшим этапом стало утверждение нормативов и правил экологического аудита предприятий по выпуску и эксплуатации электромобилей, что позволяет отслеживать соответствие экологическим нормам (например, по ГОСТам на выбросы и энергоэффективность), выявлять потенциальные риски загрязнения окружающей среды и вводить штрафы за нарушения, как в случае с проектами в Татарстане, где аудит уже снизил промышленные отходы на 15%. Особое внимание уделяется вопросам переработки и вторичного использования аккумуляторных батарей, что снижает негативное воздействие на экосистему и способствует рациональному использованию дефицитных ресурсов, таких как литий и кобальт, с целевыми показателями по технологии ресайклинга до 80–90% к 2030 году, как предусмотрено в национальной программе «Экология». Это не только минимизирует загрязнение почв и водоемов, но и создает новые рынки для вторичных материалов, снижая зависимость от импорта на 20–25%.

В 2025 году Правительство РФ ввело обязательный приоритет закупок для государственных и муниципальных органов электро- и газомоторного транспорта, что стимулирует спрос на экологичные решения и снижает объем выбросов в городах и регионах, с прогнозом уменьшения CO₂ на 10–15% в мегаполисах вроде Москвы за счет замены 30% парка служебных авто. Одновременно реализуются программы субсидирования (до 200 000 руб. на EV) и налоговые льготы (снижение НДС до 10%) на экологически чистый транспорт, а также меры по сокращению пользования традиционными бензиновыми и дизельными автомобилями, которые характеризуются высокими выбросами, включая повышенные налоги и зоны низких эмиссий в центрах городов.

Экологическая безопасность эксплуатации включает новые требования к техническому обслуживанию, безопасной утилизации и

снижению шумового загрязнения, с обязательными проверками на соответствие Euro 6+ для EV и интеграцией тихих электродвигателей, что снижает акустическое воздействие на 40–50% по сравнению с ДВС. Внедряются технологии мониторинга выбросов в реальном времени (через датчики и приложения), автоматизированные системы контроля сертификации и лицензирования автотранспорта по экологическим параметрам, что предотвращает нелегальный импорт техники низкого экологического класса. Повышение общественной осведомленности через информационные кампании (например, в СМИ и соцсетях) и образовательные программы в школах и вузах способствует формированию ответственного потребления и поддержке рынка электромобилей в широком социокультурном формате, с акцентом на преимущества для здоровья (снижение смога) и экономики (экономия на топливе до 30%).

Развитие индустрии утилизации аккумуляторов стимулирует создание специализированных предприятий и научно-технических центров (например, в Красноярском крае с использованием местных ресурсов), разрабатывающих инновационные методы восстановления материалов, такие как гидрометаллургия для извлечения 95% металлов, что снижает общую экологическую нагрузку и затраты на производство новых батарей на 20–25%. Эти меры не только обеспечивают замкнутый цикл, но и создают до 10 000 рабочих мест, способствуя глобальному лидерству России в «зеленых» технологиях и интеграции с международными стандартами.

5.6. Рекомендации по кооперации и партнерствам

Для успешной реализации сложных и масштабных проектов в сфере интеллектуальных транспортных систем (ИТС) и электрифицированного транспорта в России необходимо развитие тесных и эффективных партнерств между всеми ключевыми участниками рынка, что создаст единую экосистему для инноваций и роста. К ним относятся производители компонентов и автомобилей (например, КАМАЗ и АвтоВАЗ, фокусирующиеся на EV и автономных системах), системные интеграторы (такие как «Ростелеком» для телематики), операторы сервисных компаний (каршеринг от «Яндекс.Драйв» или логистика от «Деловых линий»), научно-исследовательские учреждения (МФТИ, ВШЭ) и государственные органы (Минтранс, Минпромторг).

Высокий уровень координации и взаимодействия обеспечивает синергию технологических возможностей (например, совместная разработка V2X-систем), управленческих ресурсов (оптимизация цепочек поставок) и государственных механизмов регулирования (упрощение сертификации), что может ускорить внедрение проектов на 20–30% и привлечь инвестиции до 800 млрд руб. к 2030 году. В регионах вроде Москвы и Татарстана такие партнерства уже демонстрируют эффективность, интегрируя локальные ресурсы для пилотных зон «умного» транспорта, снижая затраты на 15% за счет обмена экспертизой и минимизируя риски дублирования усилий.

Приоритетным направлением является формирование системного управления рисками, охватывающего регулярную актуализацию нормативной базы в соответствии с технологическим прогрессом (например, ежегодные обновления ГОСТов для автономного вождения), обеспечение комплексной информационной и кибербезопасности (через стандарты ISO 27001) и гарантирование устойчивости цепочек поставок, особенно в условиях международных санкционных ограничений и геополитических рисков, где диверсификация поставщиков (из Азии и ЕАЭС) снижает зависимость на 25–30%. Активное межотраслевое сотрудничество способствует интеграции различных технологических платформ (например, ИИ с энергосистемами), развитию совместимых стандартов (гармонизация с UNECE) и созданию новых бизнес-моделей, таких как подписка на сервисы ИТС, способных повысить конкурентоспособность российского рынка на глобальном уровне с ростом экспорта на 15–20% ежегодно.

Важна также международная кооперация, позволяющая обмениваться опытом (с партнерами из Китая, как Huawei для 5G), привлекать инвестиции (от фондов вроде Silk Road Fund), осваивать передовые технологии (например, твердотельные батареи из Южной Кореи) и обеспечивать выход российских продуктов и сервисов на зарубежные рынки, такие как Индия или Ближний Восток, где спрос на «зеленый» транспорт растет на 10–15%. Это включает участие в глобальных инициативах, как «Один пояс – один путь», для совместных R&D-центров и снижения барьеров, что усилит технологический суверенитет России и добавит 500 млрд руб. к ВВП через экспорт.

Особое значение имеют организационные структуры, подобные ассоциации «Автонет», которая объединяет ключевых игроков отрасли для совместной разработки дорожных карт развития (с KPI по

доле EV до 25%), выработки единых позиций по нормативно-техническому регулированию (лоббирование льгот) и содействия реализации комплексных проектов, таких как национальная сеть зарядок. Через такие объединения происходит эффективное согласование интересов бизнеса, науки и государства, ускоряется внедрение инноваций (сокращение сроков на 1–2 года) и обеспечивается устойчивое развитие отрасли, с примерами успешных кейсов в пилотных проектах по автономным грузовикам.

В условиях стремительного цифрового развития критически важна системная интеграция и стандартизация, которая возможно только при плотном партнерстве и обмене информацией между всеми участниками экосистемы, включая API для совместимости платформ. Совместные инициативы в области кибербезопасности (создание национальных центров мониторинга), цифрового контроля (ИИ для трафика) и анализа больших данных (big data для предиктивной аналитики) укрепят доверие к новым системам, повысят эффективность управления транспортными ресурсами (снижение пробок на 10–15%) и создадут основу для масштабируемых решений, позиционируя Россию как лидера в Евразии. В целом, такие партнерства обеспечат баланс между рисками и возможностями, способствуя долгосрочному росту сектора.

Выводы по главе 5

Для успешного развития рынка интеллектуальных транспортных систем и электрифицированного транспорта в России необходим комплексный и системный подход, который должен включать совершенствование нормативно-правовой базы, масштабное развитие инфраструктуры, активную поддержку научных исследований, формирование кадрового потенциала и повышение экологической устойчивости сектора.

Совершенствование нормативного поля важно для устранения административных барьеров, упрощения процедур регистрации, сертификации и эксплуатации инновационных транспортных средств. При этом государственная поддержка, включая гибкие субсидии, налоговые льготы и стимулирование инвестиций, должна быть адаптирована к динамике рынка и быстрому развитию технологий, обеспечивая благоприятные условия для роста производства и потребления.

Развитие зарядной инфраструктуры, которое помимо соблюдения обновленных нормативов оснащения парковочных зон зарядными устройствами, включает создание современных электрохабов с мощными быстрыми зарядными станциями, играет ключевую роль в устранении территориального неравенства и подготовке базы для масштабного энергоперехода.

Научно-техническая политика государства должна поддерживать критически важные НИОКР в областях аккумуляторных систем, автономного управления, кибербезопасности и программного обеспечения. Эффективный трансфер технологий достигается посредством активного взаимодействия науки и промышленности, а создание специализированных площадок для тестирования и пилотных проектов снижает коммерческие риски внедрения инноваций.

Образовательные инициативы ведущих российских вузов обеспечивают подготовку высококвалифицированных специалистов и формируют устойчивый кадровый резерв. Программы переподготовки способствуют быстрому вовлечению опытных специалистов из традиционных отраслей в новую технологическую среду.

Усиление экологических стандартов, в частности механизмов экологического аудита и развитие индустрии переработки аккумуляторов, способствует уменьшению углеродного следа и возрастает экологическая ответственность всей отрасли.

Эффективное управление и установление прочных партнерств между производителями, интеграторами, сервисными компаниями и государственными органами — ключевое условие успешного продвижения комплексных проектов. Управление рисками в нормативном, информационном и логистическом направлениях остается приоритетом. Международное сотрудничество расширяет возможности обмена опытом, ускоряет инновационные процессы и поддерживает выход российских технологий на мировые рынки.

Объединение усилий всех участников рынка способствует формированию взаимосвязанной и инновационной транспортной системы, которая будет обеспечивать устойчивое развитие всей отрасли, повышать ее конкурентоспособность и экологическую безопасность как на национальном, так и на глобальном уровне, что полностью соответствует мировым вызовам и национальным интересам.

Важным дополнением к выстроенной модели является учет экономической эффективности транспортных средств с точки зрения полного цикла владения

Стратегическая надежность инвестиций в электромобили обусловлена прозрачностью и легальностью бизнес-процессов, снижая репутационные и финансовые риски, связанные с внезапными штрафами и приостановлением деятельности. Это создает устойчивые предпосылки для развития электрифицированного транспорта в коммерческом секторе.

Для предприятий – участников рынка Автонет стратегически важно строить свои планы и программы перехода с учетом комплексного анализа технологических инноваций, инфраструктурных возможностей, правовой среды и экономических механизмов. Такой подход способствует не только успешному нахождению на быстро меняющемся рынке, но и формированию долгосрочных конкурентных преимуществ и социально-экологической ответственности, укрепляя позиции России как одного из лидеров электрификации транспорта на международной арене.

Поэтому необходимым элементом поддержания энергоперехода со стороны Автонета является формирование методических рекомендаций, отражающих технические, экономические, инфраструктурные и нормативные условия, а также требования по оценке и управлению рисками.

Международное сотрудничество, обмен опытом, совместные инновационные проекты и стандартизация обеспечивают ускорение технологических процессов и интеграцию российских решений в глобальные экосистемы.

В конечном итоге, интеграция высокотехнологичных решений и устойчивое развитие инфраструктуры, опирающееся на прочные партнерские связи между государством, бизнесом и научным сообществом, создадут надежную основу для достижения национальных целей по энергетическому переходу и экологической безопасности транспортного сектора, обеспечивая высокий уровень жизни и экономический рост населения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Комплексный анализ мирового и российского рынков электротранспорта, включая экспертные оценки, демонстрирует, что данный сектор находится в фазе активного развития, формируя новые модели производства и потребления транспорта в глобальном масштабе. Мировой рынок электромобилей продолжает стремительно расти: в 2025 году продажи превысили 10 миллионов единиц за первые семь месяцев, с ростом порядка 27% по сравнению с предыдущим годом. Ведущие страны, Китай, страны Европы и США, реализуют разнообразные стратегии стимулирования спроса, развития инфраструктуры и создания производственной базы. Китай занимает лидирующие позиции благодаря масштабному внутреннему рынку, поддержке государственных программ, а также контролю над значительной частью мирового производства аккумуляторов и компонентов. Европейские страны, опираясь на жесткие экологические нормы и серьезные инвестиции, достигли высокой доли электромобилей в продажах, превышающей в отдельных регионах 80%.

За технологическим прогрессом следует снижение стоимости аккумуляторов более чем на 85% за последнее десятилетие, улучшение их энергетической плотности и появление перспективных технологий твердотельных батарей и кремниевых анодов. Быстрая зарядка с мощностью до 350 кВт позволила значительно сократить время подзарядки электромобилей, обеспечивая удобство и доступность для широкого круга пользователей. Одновременно развивается концепция Vehicle-to-Grid, обеспечивающая интеграцию электромобилей с энергосистемой и способствующая повышению энергоэффективности городов.

На российском рынке доля электротранспорта остается низкой — около 30 тысяч электромобилей и менее 3 тысяч зарядных станций по всей стране. Импорт по-прежнему доминирует, особенно поставки из Китая. Внутреннее производство только развивается с акцентом на локализацию, которая поддерживается государственными мерами. Несмотря на это, Россия обладает значительным ресурсным

потенциалом — богатыми запасами лития, никеля, кобальта и графита, развитой энергетической сетью и обширным инженерным опытом, что создает благоприятные условия для формирования отечественной отрасли электротранспорта.

Технологические тенденции охватывают полный цикл производства и эксплуатации электротранспорта — от разнообразия химических составов аккумуляторов и форм-факторов до систем силовой электроники и электродвигателей. Активно внедряются роботизированные зарядные станции, программное обеспечение с цифровыми сервисами и новые материалы, снижающие себестоимость и повышающие качество продукции.

Энергетический переход в секторе Автонет требует разработки технологических сценариев, учитывающих национальную специфику и ресурсный потенциал страны. Особое внимание уделяется развитию локальных технологий, интеграции производственных цепочек и расширению рынка интеллектуальных транспортных систем с адаптацией инноваций под российские условия, создавая прочную основу для устойчивого роста.

Органы власти должны продолжать совершенствовать нормативную базу, создавать прозрачные, гибкие механизмы регулирования и стимулировать развитие производств и инфраструктуры. Формирование системы государственной поддержки, включающей стимулирование инвестиций, развитие инженерных центров, национальных исследовательских платформ и координацию между ведомствами, является ключевым фактором. Важным направлением является развитие инфраструктуры — зарядных станций, телекоммуникаций — для комфортной эксплуатации электромобилей во всех регионах.

Бизнес-сообществу необходимо формировать стратегии развития с акцентом на долгосрочные инвестиционные приоритеты и совместное использование ресурсов. Кооперация между производителями, поставщиками технологий и сервисов позволит оптимизировать издержки, управлять рисками и адаптироваться к новым технологическим и рыночным реалиям. Особое значение имеет поддержка стартапов и инновационных компаний, создающих прорывные решения и новые бизнес-модели.

Важнейшая задача – развитие кадрового потенциала через современные образовательные технологии (виртуальная и дополненная реальность, дистанционное обучение, интерактивные тренажеры), тесную интеграцию программ с промышленностью и вовлечение молодежи в НИОКР. Московский политехнический университет и ведущие вузы реализуют эффективные решения по подготовке кадров, включая стажировки и международное сотрудничество.

Методические рекомендации по энергопереходу подчеркивают важность применения технических стандартов и инфраструктурных решений, учитывающих экономические и экологические факторы, а также интеграцию экологических требований в производственные и эксплуатационные процессы для повышения устойчивости рынка.

Энергопереход – общая стратегическая задача для автомобильной и коммерческой отрасли, но каждая компания на рынке Автонет должна самостоятельно определять свою стратегию, адаптированную к своим производственным, технологическим и рыночным условиям. Ключевое значение имеет производственно-технологическая готовность, качественное развитие продукции и сервисов с учетом современных экологических и энергоэффективных стандартов.

Готовность инфраструктуры — от зарядных станций до интеграции с цифровыми системами управления — критична для реализации потенциала транспорта. Прозрачные нормативные и правовые условия, упрощающие сертификацию и контроль, а также активное участие в формировании правил — обязательны.

Эффективное управление рисками – техническими, нормативно-правовыми и рыночными – важно для компаний, позволяя адаптироваться к изменениям и снижать потери. Методические рекомендации и стандарты, охватывающие технологические, инфраструктурные, нормативные, экономические и социальные требования, способствуют систематизации процессов и повышению эффективности перехода как на уровне отдельных предприятий, так и отрасли в целом.

Использование цифровых технологий для управления автопарками, мониторинга состояния транспорта и оптимизации процессов зарядки укрепит конкурентоспособность и снизит затраты.

Юридические и репутационные риски, связанные с эксплуатацией традиционных дизельных автомобилей, снижаются за счет ужесточения контроля и цифровизации мониторинга. Электромобили предлагают прозрачность и снижение финансовых рисков.

Партнерство с государственными и научными структурами, участие в стандартизации, развитие кластеров и совместных проектов ускорит внедрение инноваций и рост экологических решений.

Российский рынок обладает потенциалом для роста и инноваций в сфере электротранспорта и будет влиять на экономику, экологию и социальное благополучие. Важно оперативно использовать открывшееся «окно возможностей», чтобы занять лидирующие позиции на мировом рынке электрификации транспорта на ближайшие десятилетия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. БелАЗ-7513R (беспилотный самосвал). [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.tadviser.ru/index.php> (дата обращения: 15.11.2025).
2. Беспроводная зарядка электромобилей медленно набирает популярность в мире. [Электронный ресурс]. – URL: <https://overclockers.ru/blog/Fantoci/show/140740/Besprovodnaya-zaryadka-elektromobilej-medlenno-nabiraet-populyarnost> (дата обращения: 15.11.2025).
3. Бренд Aurus показал водородный седан Aurus Senat во Владивостоке. [Электронный ресурс]. – URL: <https://avtonovostidnya.ru/novinki/251524-aurus-senat?amp> (дата обращения: 15.11.2025).
4. Выгоден ли электромобиль. [Электронный ресурс]. – URL: <https://alfabank.ru/help/articles/auto-loan/vygoden-li-ehlektromobil/> (дата обращения: 15.11.2025).
5. Завод по переработке Li-ion аккумуляторов. [Электронный ресурс]. – URL: <https://okdesignme.tilda.ws/li-ion-plant> (дата обращения: 15.11.2025).
6. Как купить уличные зарядные станции для электромобилей в городах России. [Электронный ресурс]. – URL: <https://electro.cars/tpost/x86gnyopj1-kak-kupit-ulichnie-zaryadnie-stantsii-dl> (дата обращения: 15.11.2025).
7. Компьютер на колесах или сотни миллионов строк кода для автомобиля. [Электронный ресурс]. – URL: <https://habr.com/ru/companies/vdsina/articles/564858/> (дата обращения: 15.11.2025).
8. Новейшая история Volvo Cars: уход от Ford, отделение Polestar и модели на платформе Geely. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.drom.ru/info/misc/volvo-cars-ford-polestar-geely-95640.html> (дата обращения: 15.11.2025).

9. Новости мирового автопрома. Почему BMW Group делает ставку на углепластик и как создаются углепластиковые элементы кузова для новых моделей концерна. [Электронный ресурс]. – URL: <https://fea.ru/news/6321> (дата обращения: 15.11.2025).
10. Переход к интеллектуальной зарядке электромобилей роботами. [Электронный ресурс]. – URL: https://dzen.ru/a/Ywc8C5deozPrrPD9?utm_medium=organic&utm_source=yandexsmartcamera (дата обращения: 15.11.2025).
11. Постановление Правительства Российской Федерации от 28.07.2025 г. № 1114
12. Продажи новых автомобилей в Индонезии за 2023 год. [Электронный ресурс]. – URL: <https://auto.vercity.ru/statistics/sales/asia/2023/indonesia/> (дата обращения: 15.11.2025).
13. Разработана система беспроводной зарядки электромобилей во время движения. [Электронный ресурс]. – URL: https://overclockers.ru/blog/Global_Chronicles/show/178800/Razrabotana-sistema-besprovodnoj-zaryadki-elektromobilej-vo-vremya-dvizheniya (дата обращения: 15.11.2025).
14. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 28.12.2022 г. № 4261-р Стратегия развития автомобильной промышленности до 2035 года.
15. Распоряжение Правительства РФ от 23 августа 2021 г. №2290-р: Концепция по развитию производства и использования электрического автомобильного транспорта в Российской Федерации на период до 2030 года
16. Распоряжение Правительства РФ от 9 июня 2020 г. № 1523-р Об Энергетической стратегии РФ на период до 2035 г.
17. Расчет экономии владения EVOLUTE i-JOY. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.evolute.ru/advantages/kalkulyator-ekonomii-vladeniya> (дата обращения: 15.11.2025).
18. Российский электрокар Атом: все подробности. Знакомимся с самым амбициозным российским автомобильным проектом со времен е-мобиля. [Электронный ресурс]. – URL: <https://motor.ru/lab/firstatom.htm> (дата обращения: 15.11.2025).
19. СВОД ПРАВИЛ СП 113.13330.2023 СТОЯНКИ АВТОМОБИЛЕЙ СНиП 21-02-99*
20. Станции для зарядки электромобилей в 2024 году: где и как скоро появятся новые точки? [Электронный ресурс]. – URL:

- https://dzen.ru/a/Zy_3L_dYWmh8z48A (дата обращения: 15.11.2025).
21. Тест-драйв подзаряжаемого гибрида GLE 350 de и электромобиля EQC 400. [Электронный ресурс]. – URL: <https://motor.ru/testdrives/electric-merc.htm> (дата обращения: 15.11.2025).
 22. Шаг в будущее: беспроводная зарядка для электромобилей. [Электронный ресурс]. – URL: <https://atomobility.ru/bez-provoda-zaryadka> (дата обращения: 15.11.2025).
 23. Шеньчжэнь стал первым полностью электробусным городом мира. [Электронный ресурс]. – URL: <https://rim3.ru/comauto/news/shenchzhen-stal-pervym-polnostyu-elektrobusnym-gorodom-mira/> (дата обращения: 15.11.2025).
 24. Электромобили BMW. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.bmw-borishof.ru/articles/electromobili-bmw/> (дата обращения: 15.11.2025).
 25. Электромобиль Hyundai Ioniq 5 стал первенцем нового суббренда. [Электронный ресурс]. – URL: <https://autoreview.ru/news/elektromobil-hyundai-ioniq-5-stal-pervencem-novogo-subbrenda>
 26. Электромобиль Volkswagen ID.Buzz. [Электронный ресурс]. – URL: <https://atomobility.ru/volkswagenidbuzz> (дата обращения: 15.11.2025).
 27. Электроседан BYD Seal. [Электронный ресурс]. – URL: https://auto.ironhorse.ru/elektro-sedan-byd-seal_26609.html (дата обращения: 15.11.2025).
 28. "X-тест-драйв": низкое энергопотребление и мощность больше не являются недостатком. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.yoojia.com/video/13932316444520779181.html?utm_medium=organic&utm_source=yandexsmartcamera (дата обращения: 15.11.2025).
 29. «Умная дорога»: беспроводная зарядка электромобилей от Electreon. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.stena.ee/blog/%C2%ABumnaya-doroga%C2%BB-besprovodnaya-zaryadka-elektromobilej-ot-electreon> (дата обращения: 15.11.2025).

30. 100 More Autonomous Trucks for Felixstowe. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.logisticsbusiness.com/transport-distribution/lorries-vans-trailers/100-more-autonomous-trucks-for-felixstowe/> (дата обращения: 15.11.2025).
31. Ford Mustang Mach-E. URL: <https://autopremiumgroup.ru/katalog-avtomobilej/ford-mustang-mach-e-2025-vnedorozhnik-5dv/> (дата обращения: 15.11.2025).
32. Global EV Outlook 2024 Moving towards increased affordability. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2024> (дата обращения: 15.11.2025).
33. How Did Shenzhen, China Build World’s Largest Electric Bus Fleet? [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.wri.org/insights/how-did-shenzhen-china-build-worlds-largest-electric-bus-fleet> (дата обращения: 15.11.2025).
34. Minetruck MT42 SG. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.epiroc.com/ru-ru/products/loaders-and-trucks/electric-trucks/minetruck-mt42-battery> (дата обращения: 15.11.2025).
35. MOTORWATT. [Электронный ресурс]. – URL: <https://ev.motorwatt.com/ev-database/database-electric-cars/renault-megane-e-tech-2025> (дата обращения: 15.11.2025).
36. PepsiCo подтверждает перевод своего калифорнийского автопарка на электрические грузовики Tesla Semi. [Электронный ресурс]. – URL: <https://dzen.ru/a/XZueWAX9mACuSvT0> (дата обращения: 15.11.2025).
37. Tech & ScienceShenzhen, China — World’s first city with all-electric bus fleet. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.digitaljournal.com/tech-science/shenzhen-china-world-s-first-city-with-all-electric-bus-fleet/article/511354> (дата обращения: 15.11.2025).
38. Volkswagen ID 4 photos provide best look yet at the electric SUV. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.cnet.com/roadshow/news/volkswagen-id4-electric-suv/> (дата обращения: 15.11.2025).

УДК 621.331
ББК 39
Т30

Подготовлено ИЦ «Автонет» Московского Политеха

Т30 **Текущее состояние и перспективы развития электро-
транспорта в России и мире:** Аналитический отчет. – Москва:
Московский Политех, 2025. – 1 CD-R. – Загл. с титул. экрана. –
Текст: электронный.
ISBN 978-5-2760-2965-8.

**УДК 621.331
ББК 39**

*Системные требования: PC-совместимый процессор 1,3 ГГц и выше.
Оперативная память (RAM): 256 Мб. Необходимо на винчестере: 350 Мб.
Операционные системы: Windows, Mac OS. Видеосистема: разрешение
экрана 1024x768. Дополнительные программные средства:
Adobe Acrobat Reader 9 и выше.*

ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА В РОССИИ И МИРЕ

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ

Подписано к использованию 10.12.2025
Объем издания 2,37 Мб. Тираж 15. Заказ № 81/25

Издательство Московского Политеха
107023, Москва, Большая Семеновская, 38
www.mospolytech.ru; e-mail: izdat.mospolytech@yandex.ru

ISBN 978-5-2760-2965-8

© Московский Политех, 2025