# ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ НАРОДНОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

На правах рукописи

#### РОСТОВСКИЙ Йоханнес-Корнелиус

#### ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РЫНКОВ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ НА ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ОТРАСЛЕЙ РОССИЙСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Специальность 5.2.3 Региональная и отраслевая экономика Специализация – «Экономика промышленности»

> Диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук

Научный руководитель:

кандидат экономических наук

Семикашев Валерий Валерьевич

#### СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ2	
ВВЕДЕНИЕ5	
ГЛАВА 1. АНАЛИЗ ТЕКУЩЕГО СОСТОЯНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ, РАЗВИТИЯ РЫНКОВ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ И ВЛИЯНИЯ ЭТОГО НА ЭКОНОМИКУ 14	
1.1. Теоретические вопросы оценки влияния электромобилей на экономику	
1.1.2. Сравнительный анализ типов автомобилей и ЭМ по их влиянию на экономику 1.1.3. Теории инноваций и диффузии инноваций и их использование для экономическог	O
анализа развития рынков электромобилей	
1.1.5. Методология оценки стоимости владения на полном цикле	
1.2. Экономика использования электромобилей	
1.2.2. Недостатки и препятствия на пути массового распространения электромобилей	
1.2.3. Проблемные точки: батареи и зарядная инфраструктура	
1.2.4. Сравнительная оценка экономики владения традиционным автомобилем и	
электромобилем	36
1.3. Анализ развития рынка электромобилей в мире и ключевых странах	40
1.3.1. Продажи электромобилей в мире и ключевых регионах	40
1.3.2. Меры стран по внедрению ЭМ и ограничению на продажи и использование	
автомобилей с ДВС	46
1.3.3. Инвестиции в основные фонды и НИОКР в автоиндустрии. Планы	<b>7</b> 0
автопроизводителей по производству электромобилей и батарей для них	
1.4. Текущее состояние электромобилизации в России	
1.4.1. Продажи, парк электромобилей и зарядная инфраструктура в России	59
1.4.2. Сравнительная оценка экономики владения традиционным автомобилем и	<i>c</i> 1
электромобилем в России	
1.4.3. Готовность россиян к электромобилям	
Выводы по первой главе	66
ГЛАВА 2. РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ И СЦЕНАРНЫЕ ПРОГНОЗЫ РАЗВИТИЯ РЫНКА ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ЭТОГО НА ЭКОНОМИКУ РОССИИ. 69	
2.1. Расчетная модель для прогнозирования структуры автопарков и потребления ими	
моторных топлив и других энергоресурсов	
2.1.1. Требования к модели и номенклатура параметров	
2.1.2. Схема и структура модели	
2.1.3. Формирование прогнозных сценариев и прогноз	
2.1.¬. ионользование результатов прогнозираванияикпетет теле	13

2.2. Прогнозные сценарии развития рынка ЭМ и оценка возможного сокращения спро-	
нефть и нефтепродукты	
2.2.1. Результаты расчетов по базовому сценарию	
2.2.1.1. Прогноз продаж, автопарка и потребления нефти в мире в целом	
2.2.1.2. Китай	81
2.2.1.3. Европа	84
2.2.1.4. Анализ результатов базового сценария	
2.2.1.5. Сравнение результатов базового сценария с альтернативными сценариями	
2.2.2. Сравнению сценариев развития электромобилизации с объявленными планами	
батарейным мощностям	
2.2.3. Потенциальный дефицит ключевых металлов	97
2.3. Разработка мер экономической политики по реакции и адаптации российской экон	номики
к изменениям спроса на нефть и нефтепродукты в связи с развитием ЭМ	102
2.3.1. Влияние электромобилизации на нефтяную отрасль России	102
2.3.2. Предложения по реагированию на выбытие спроса на топливо	103
Выводы по второй главе	106
	100
ГЛАВА 3. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА В СФЕРЕ ЭЛЕКТРОМОБИЛИЗАЦИИ В РОССИИ В УСЛОВИЯХ САНКЦИЙ1	07
·	07
3.1. Анализ опыта создания электромобилей в России и текущей политики в сфере	
электромобилизации	
3.1.1. Финансовые и нефинансовые меры по развитию электромобилизации в мире	
3.1.2. Опыт создание отечественных электромобилей	
3.1.3. Сложности в производстве литий-ионных аккумуляторных батарей в РФ	
3.1.4. Концепция развития электротранспорта в России	113
3.2. Предложения и экономические оценки развития электромобилизации в России в н	ювых
условиях	117
3.2.1. SWOT-анализ развития рынка электромобилей в России	117
3.2.2. Альтернативы развития автомобилестроения в России в новых условиях	119
3.2.3. Новый взгляд на развитие электромобилей в России – концепция развития инд	цустрии
ЭМ полного цикла в России	
3.2.4. Новый взгляд на развитие электромобилей в России – экономические оценки.	125
3.2.4.1. Этап 1. Запуск первых проектов по добыче лития и производству батарей и	ЭМ . 125
3.2.4.2. Этап 2. Удовлетворение внутреннего спроса, высокая локализация сборки ба	_
ЭМ	
3.2.4.3. Этап 3. Реализация экспортного потенциала и извлечение выгод	130
3.3. Предложения по электромобилизации автомобильного парка в России	132
3.3.1. Этапность развития потребительского рынка электромобилей в России	
3.3.1.1. Этап 1. Парадигма субсидирования ЭМ	
3.3.1.2. Этап 2. Переход к массовому сегменту	136
3.3.1.3. Этап 3. Переход к свободному авторынку и извлечение выгод от электрифик	
транспорта	137
Выволы по третьей главе	139

ЗАКЛЮЧЕНИЕ	141
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	143
Приложение 1. Устройство гибридных (PHEV) и чистых (BEV) ЭМ	157
Приложение 2. Результаты расчетов по базовому сценарию для США и прочих с П2.1. США	160
Приложение 3. Оценка стоимости создания базовой зарядной инфраструктуры д электромобилей в России	
Приложение 4. Прогнозные расчеты для предложений по развитию электромоби России до 2050 года	

#### **ВВЕДЕНИЕ**

Первые электромобили появились более 150 лет назад, однако они проиграли конкуренцию автомобилям с двигателем внутреннего сгорания (ДВС), а электротяга продолжила использоваться в других транспортных средствах, таких как поезда, троллейбусы и трамваи, которые подсоединены к линии электропередач и не имеют автономного хранилища энергии. Около 15 лет назад с появлением аккумуляторных батарей нового поколения, которые характеризуются большей плотностью запасаемой энергии и новыми эксплуатационными качествами, стало возможно выпускать электромобили с запасом хода на десятки и сотни километров, что в свою очередь привело к созданию нового сегмента автомобильной промышленности и резкому росту выпуска таких электромобилей.

Электромобили (далее ЭМ¹), использующие современные аккумуляторные батареи нового поколения — это одна из наиболее инновационных технологий со множеством последствий для транспорта, энергетики и экономики в целом. В первую очередь эта технология активно внедряется на легковом автомобильном транспорте. Так, в 2023 г. доля ЭМ в продажах новых легковых автомобилей в мире составила 16%. В ряде стран параллельно развивается общественный, а также двух или трех колесный электротранспорт. Впоследствии, при определенных условиях, эта технология может быть адаптирована и развита для всех других типов транспортных средств, в том числе на грузовом и коммерческом автотранспорте. Но, в настоящее время, как значимый фактор социально-экономического и технологического развития и энергоперехода, современный электротранспорт действует только в сегменте легкового автотранспорта.

#### Актуальность темы исследования

Изначально рост продаж ЭМ был вызван в первую очередь не рыночными факторами, а субсидированием и/или ужесточением возможности покупки автомобилей с ДВС. Почти на всех крупных автомобильных рынках мира уже приняты решения по прямым и косвенным мерам поддержки производителей и покупателей ЭМ. Несмотря на неопределенность сроков и достижимости паритета стоимости ЭМ и автомобилей с ДВС, электромобили могут играть одну из ключевых ролей в энергопереходе, так как позволяют сократить объем выбросов парниковых

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Здесь и далее, употребляя слово электромобиль, как инновацию, подразумевается совокупность технологий, использующихся в нем, в первую очередь современные батареи и электромоторы.

газов за счет большего КПД двигателя<sup>2</sup> и потенциала использования низкоуглеродной электроэнергии для зарядки. Также использование ЭМ значительно снижает загрязнение городского воздуха непосредственно в местах с наибольшей плотностью населения, что может дать снижение потерь от преждевременных смертей от респираторных и сердечно-сосудистых заболеваний, рака, а также неврологических и репродуктивных проблем и снизить нагрузку на медицинскую систему.

В будущем все больше электроэнергии будет производиться из возобновляемых источников энергии (ВИЭ), которые имеют изменчивый график генерации внутри суток, не совпадающий со спросом. ЭМ при их широком распространении могут сгладить график внутрисуточного потребления электроэнергии и снизить необходимость в строительстве пиковых мощностей.

Потенциальное замещение парка традиционных автомобилей с ДВС на ЭМ приведет к падению спроса на нефтепродукты и нефть. Для России, являющейся одним из крупнейших поставщиков нефти и нефтепродуктов на мировом рынке, это создает риски выпадения экспортных доходов, а также сокращения производства с негативными мультипликативными эффектами по всей экономике. Параллельно с этим на мировых рынках будет расти спрос на металлы, необходимые для производства батарей, такие как литий, кобальт, никель, и редкоземельные металлы (РЗМ)<sup>3</sup>, что, напротив, создает новые возможности для отечественных горнорудных компаний и экономики в целом.

Другим важнейшим возможным направлением развития российской промышленности может стать создание индустрии производства ЭМ в России, а также сопутствующих производств, включая производство батарей на отечественной сырьевой базе. Как отмечается во многих публикациях, ЭМ проще автомобиля с ДВС за счет меньшего числа узлов и более простого устройства.

Рост парка ЭМ также приведет к росту спроса на электроэнергию, из-за чего, потенциально, может потребоваться ввод новых или оптимизация использования существующих мощностей по производству электроэнергии. Дополнительный рост спроса на электроэнергию при переходе на электротягу других сегментов транспорта (особенно больших

 $<sup>^{2}</sup>$  Конечная эффективность зависит от источника энергии, и будет существенно ниже для ЭМ при производстве электроэнергии из ископаемого топлива.

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Отметим, что при сокращении выпуска автомобилей с ДВС будет падать спрос на металлы платиновой группы (МПГ), необходимые для производства катализаторов для автомобилей с ДВС

грузовиков) может стать фактором роста спроса на органическое топливо в тех экономиках, где сохранится структура генерации с высокой долей ископаемых топлив.

В России в 2021 году была принята Концепция по развитию производства и использования электрического автомобильного транспорта на период до 2030 года. Также в 2021 году утверждена Концепция по развитию водородной энергетики. Кроме того, еще в 2020 году была утверждена Энергетическая стратегия на период до 2035 года, в которой содержатся цели по развитию транспорта на газомоторном топливе. Однако, все эти документы стратегического планирования в недостаточной мере учитывают прогресс в развитии рынков ЭМ и были приняты до событий 2022 года и введения санкций, а также последующих изменений в большинстве экономических сфер.

Все эти пункты, их влияние, разносторонняя направленность и значимость для развития мировой и российской экономик и энергоперехода, а также высокая неопределенность в условиях, направлениях и механизмах влияния на российскую экономику и промышленность, определяют высокую актуальность исследуемой темы.

#### Степень научной разработанности проблемы

Значительный вклад в создание и изучение теории инноваций внесли: Шумпетер Й. – впервые ввел понятие «созидательного разрушения (creative destruction)» как ключевого признака инновационного процесса; Кристенсен К. – разработал теорию «подрывных инноваций», утверждающую, что новые технологии часто полностью меняют устоявшиеся рынки и отрасли; Перес К. – изучала взаимосвязи между технологическими изменениями и финансовым капиталом, а также роли правительств в содействии инновациям; Роджерс Э., – разработал теорию диффузии инноваций, объясняющую, как новые идеи, продукты и технологии распространяются в обществе; Нельсон Р. Р. – изучал роль технологий, знаний и инноваций в экономическом росте и развитии; Г. О. Менш – ввел определение «технологического пата» или паузы в поступательном развитии экономики; Глазьев С.Ю. - предложил концепцию технологических укладов и закономерность их смены. Значительный вклад в изучение экономических проблем научно-технического прогресса внес советский академик Анчишкин А. И. Под его руководством была разработана комплексная программа научно-технического прогресса СССР на долгосрочную перспективу.

Проблематику энергетического перехода рассматривали в своих работах следующие авторы: Гилен Д., Бридж Г., Медоукрофт Д., Сейфанг Д., Вербонг Г., Кивимаа П., Абас Н., Вербрюгген А., Киттнер Н. Из российских авторов тему энергоперехода исследуют

Мастепанов А. М, Бушуев В. В., Попадько Н. В., Башмаков И. А., Иванов Н. А, Конопляник А. А., Колпаков А. Ю, Семикашев В. В., Митрова Т. А., Грушевенко Д. А., Кваша Н. В., Бондарь Е. Г., Меджидова Д. Д.

Моделирование энергопотребления в транспортном секторе осуществляется следующими международными агентствами, институтами, организациями и группами исследователей: Международное энергетическое агентство (МЭА - IEA), McKinsey & Company, Bloomberg New Energy Finance (BNEF), EV-volumes, Navigant Research, IDC Energy Insights, Wood Mackenzie, IHS Markit, Strategy&, Канвонский национальный университет. В России такие прогнозы делает VYGON Consulting, агентство «Автостат», группа компаний Б1, Инновационный центр «Сколково», и в рамках модельных прогнозных комплексов ИНЭИ РАН, ИНП РАН, ФГБУ РЭА Минэнерго России.

Для исследования влияния электромобилизации на российскую экономику необходимо проанализировать и оценить межотраслевое воздействие этого направления на другие сектора и элементы национальной экономики, в том числе в региональном разрезе. Основоположником российской школы пространственных межотраслевых исследований является Гранберг А.Г. Также существенный вклад в макроэкономические межотраслевые, отраслевые и пространственные исследования внесли Баранов А.О., Борисов В.Н., Буданов И.А., Ивантер В. В., Крюков В. А., Кувалин Д.Б., Кузнецова О.В., Михеева Н.Н., Некрасов А.С., Пчелинцев О.С., Сальников В.А., Суворов Н.В., Суслов В.И., Узяков М.Н., Фролов И.Э., Широв А.А., Щербанин Ю.А.

Анализ и перспективы рынков электромобилей, развития зарядной инфраструктуры для них и проблемы совершенствования аккумуляторных батарей рассматривается в работах и исследованиях МакКеррахера К., Кейна М., Клиппенштейна М., Вишванатана В., Ирле Р. Крамера Ф., Ауффхаммера М., Арора А., Ломборга Б., Пфайфенбергера Й. Лапорт Г., Куби М., Ху З., Жанг Х. Катай Б. В России развитие рынка электромобилей изучается в работах Грушникова В. А., Карпухина К.Е., Козловского В. Н., Сазонова С. Л., Ракова В. А., Сидорова К. М., Стребкова Д.С., Ратнера С. В., Кутенева В. Ф, Фасхиева Х. А., Сальникова В. А., Ксенофонтова М.Ю., Милякина С. Р., Яковлева А. А., Гордеевой И. А., Карамяна О. Ю., Чебанова К. А., Соловьева Ж.А., Хохлина И. М., Буянова А. Д.

Влияние электромобилей на российскую экономику исследуется в работах Трофименко К. Ю., Колмогорова А. А., Трошко И. И., Трифонова И. В., Фасхиева Х. А., Милякина С.Р., Журавлевой А. Несмотря на наличие этих исследований, вопросы анализа и оценки

экономических эффектов на комплексы и отрасли промышленности России в зависимости от различных сценариев развития рынков ЭМ в мире и России и возможного развития промышленности по выпуску ЭМ и батарей для них на территории страны не получили должного внимания.

**Цель настоящего исследования** — оценить влияние развития рынков электромобилей на отрасли российской промышленности и обосновать необходимость разработки мер реакции и адаптации к этому процессу.

Для достижения указанной цели были поставлены и решены следующие исследовательские задачи.

- 1. Анализ ключевых закономерностей функционирования и развития рынков электромобилей в мире и России и механизмов их влияния на российскую промышленность.
- 2. Разработка на примере внедрения электромобилей модифицированного критерия перехода технологии из инновационной в массовую с целью учета более широкого круга факторов, влияющих на этот переход.
- 3. Разработка имитационной модели для прогнозирования структурных сдвигов на автотранспорте и в смежных отраслях; построение с помощью этой модели сценарных прогнозов развития автопарка в России и различных регионах мира с учетом замещения традиционных автомобилей электрическими, а также сценарных прогнозов, отражающих влияние этих сдвигов на мировое и российское потребление нефти, нефтепродуктов и электроэнергии.
- 4. Анализ специфики развития российского рынка электромобилей; разработка предложений по решению проблем, сдерживающих электромобилизацию в России, формулирование и обоснование действий по развитию отраслей отечественной промышленности, связанных с выпуском электромобилей и смежной продукции (батарей, зарядных устройств, зарядных станций и т.д.), включая утилизацию и вторичное использование производимой продукции.
- 5. Получение числовых оценок, отражающих ожидаемое падение спроса на нефть и нефтепродукты на ключевых для России рынках; разработка предложений по мерам адаптации нефтяной и нефтеперерабатывающей промышленности России к изменению масштабов и структуры спроса на нефть и нефтепродукты.

Объектом диссертационной работы являются комплексы и отрасли российской промышленности в условиях потенциальной массовой электромобилизации в мире и России.

**Предмет исследования** — условия, направления и механизмы влияния электромобилизации автотранспорта на развитие комплексов и отраслей российской промышленности и качественные изменения в их развитии, обусловленные указанным влиянием.

#### Информационная база исследования

В качестве информационной базы для диссертации использовались: научные публикации о технико-экономических показателях электромобилей, статистические и другие информационные и статистические базы следующих организаций: МЭА, EV-volumes, BNEF, EIA, OICA, ACEA, Росстат, ФТС России, ЦБ РФ, а также данные национальных государственных статистических бюро отдельных стран.

Соответствие диссертации Паспорту научной специальности. Диссертационная работа по своему содержанию, предмету и методам исследования соответствует следующим направлениям исследований: 2.5. «Формирование и функционирование рынков промышленной продукции»; 2.10. «Промышленная политика»; 2.11. «Формирование механизмов устойчивого развития экономики промышленных отраслей, комплексов, предприятий»; 2.15. «Структурные изменения в промышленности и управление ими» и удовлетворяет требованиям к работам по специальности 5.2.3 «Региональная и отраслевая экономика» (специализация – 2 «Экономика промышленности»).

**Научная новизна диссертационного исследования определяется** следующими основными результатами, выносимыми на защиту:

1. В рамках теории диффузии инноваций на примере электромобилей был предложен и обоснован модифицированный критерий перехода технологии из инновационной стадии в массовую. За счет учета более широкого круга факторов этот критерий позволяет более полно охарактеризовать инновационную сущность самой технологии и более точно определить момент качественного изменения ситуации. В дополнение к существующим критериям – доля нового продукта на рынке и другие маркетинговые факторы – автор добавил такие индикаторы как: а) дополнительные технические параметры (принципиальный рост КПД электродвигателя по сравнению ДВС, новый тип аккумуляторных батарей с повышенной плотностью энергии при меньшей стоимости по сравнению с батареями прошлых поколений); б) внедрение и использование ЭМ в рамках концепции V2G<sup>4</sup>; в) совокупность инвестиционных

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> Vehicle to grid - использование батарей ЭМ в качестве элемента электросети с возможности накопления или отдачи электроэнергии.

решений по строительству заводов по производству ЭМ и батарей для них; г) разработка и использование мер по стимулированию покупки ЭМ и ограничению автомобилей с ДВС со стороны правительств; д) изменение поведенческих паттернов потребителей в сторону более осознанного и экологичного потребления.

- 2. Разработана имитационная модель развития рынков ЭМ, которая, в отличие от ранее применявшихся, позволяет делать сценарные прогнозы развития рынков электромобилей, детализированные до уровня ключевых классов автомобилей. Также эта модель дает возможность напрямую учесть структуру производства нефтепродуктов и их потребления автомобильным транспортом в разрезе отдельных регионов и стран мира, что позволяет делать более обоснованные оценки влияния структурных сдвигов в автопарке на энергопотребление на период до 2050 г.
- 3. В развитие существующих прогнозов по развитию мирового и российского рынка электромобилей были сделаны сценарные прогнозы в разрезе 9 основных классов автомобилей и спроса на эти классы автомобилей в разрезе различных регионов мира, что позволило получить более точные числовые оценки повышения глобального спроса на металлы и электроэнергию и снижения глобального спроса на нефтепродукты (в т.ч. в разрезе ключевых стран и регионов мира).
- 4. С целью формирования механизмов устойчивого развития подотраслей комплекса по производству ЭМ были предложены меры по развитию отечественной промышленности в части добычи и переработки лития и других металлов, выпуска ЭМ, батарей для них, зарядных станций. Также были предложены регуляторные меры по стимулированию потребителей к покупке ЭМ, субсидированию производства ЭМ, развитию зарядной инфраструктуры, созданию мощностей по утилизации отработавших батарей. При этом в дополнение к предложениям, ранее сформулированным другими авторами, были выделены три последовательных, но качественно разных этапа развития комплекса по производству ЭМ в России, а также показана их взаимосвязь между собой.
- 5. Предложены меры по адаптации российской нефтяной отрасли к предполагаемому сокращению спросу на нефть и нефтепродукты в связи с активным развитием рынка ЭМ. Показаны и обоснованы желательные направления структурных сдвигов в данной отрасли, нацеленные на предотвращение и/или смягчение негативных последствий предполагаемого снижения экспортных поставок нефти традиционным потребителям (расширение географии и структуры экспортных поставок по странам и контрагентам, по

логистическим маршрутам, а также по товарной номенклатуре), включая развитие нефтехимической отрасли и диверсификацию бизнеса отечественных нефтяных компаний за счет развития зарядной инфраструктуры для ЭМ на базе существующей широкой сети заправок.

**Теоретическая значимость исследования** состоит в разработке модели на базе теории диффузии инноваций и сценариев развития электромобилизации в мире, которая позволяет лучше анализировать потенциальные структурные изменения спроса на нефть и нефтепродукты, в том числе на значимых для России рынках.

Практическая значимость исследования заключается в разработке мер экономической политики и предложений по развитию электромобилизации внутри страны, оценке стоимости мер экономической политики и последствий развития электромобилизации для российской экономики, для того чтобы, полученные оценки могли быть использованы министерствами и ведомствами для повышения качества управленческих решений, а также российскими компаниями для формирования стратегий реакции и адаптации к новым условиям.

#### Апробация результатов

Результаты настоящего исследования были представлены на следующих конференциях и научных семинарах: 66-м «Российско-французском семинаре по денежно-финансовым проблемам современной российской экономики»; на первой международной научной конференции «Новый путь декарбонизации экономики (КZGT-2023)»; IV международной конференции «Системные исследования в энергетике -2023» (СИЭ-2023); Школе молодых ученых «Возобновляемые источники энергии и приоритеты научно-технологического развития энергетики России» в (ИНЭИ РАН 2022); I Всероссийском форуме молодых исследователей социальных наук (ВолНЦ РАН, 2022); конгрессе СПЭК-2022; семинаре «Отрасли и регионы» в ИНП РАН; XXIII Всероссийском симпозиуме «Стратегическое планирование и развитие предприятий» (ЦЭМИ РАН 2022); VIII Международном конгрессе «Производство. Наука. Образование: сценарии будущего» (ПНО-2021); семинаре молодых ученых в ИНП РАН (18.05.2021); XXII Всероссийском симпозиуме «Стратегическое планирование и развитие предприятий» (ЦЭМИ РАН 2021); XXI Всероссийском симпозиуме «Стратегическое планирование и развитие предприятий» (ЦЭМИ РАН 2021); XXI Всероссийском симпозиуме «Стратегическое планирование и развитие предприятий» в (ЦЭМИ РАН 2020).

Результаты диссертационной работы нашли отражение в 23 публикациях (личный вклад – 9,4 п.л.), в том числе 5 статьях в рецензируемых журналах из списка ВАК при Минобрнауки России.

#### Структура и объем работы диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованной литературы из 159 наименований и 4 приложений. Диссертация содержит 156 страницы основного текста и библиографии и 18 страниц приложения, 41 рисунок, 34 таблицы и 1 формулу.

# ГЛАВА 1. АНАЛИЗ ТЕКУЩЕГО СОСТОЯНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ, РАЗВИТИЯ РЫНКОВ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ И ВЛИЯНИЯ ЭТОГО НА ЭКОНОМИКУ

#### 1.1. Теоретические вопросы оценки влияния электромобилей на экономику

#### 1.1.1. Постановка задачи

Судя по последним данным о продажах электромобилей как в мировом масштабе (10,2 млн или 14% в 2022 году; 13,6 млн или 16% в 2023 г.) и отдельных регионах и странах (ЕС ~21-22%, Китай ~27-33%, Норвегия ~88-91% продаж в 2022 и 2023 гг.), можно сделать вывод, что внедрение в практику электромобилей в сегменте легковых автомобилей состоялось. Она стала основой развития мирового автопрома. Электромобили стали наиболее быстрорастущим сегментом в продажах автомобилей. До 2030 года в мировом автопроме принято инвестиционных решений на более 1,2 трлн долл. США в производство ЭМ и батарей для них. Тем не менее, перспективы развития мирового и региональных рынков автомобилей и электромобилей характеризуются высокой неопределённостью политических решений и регулирования, скорости технологических инноваций, экономической стабильности, инфраструктуры зарядных станций, потребительских предпочтений и осведомленности.

Для российской экономики этот вызов реализуется по двум основным каналам:

- сокращение спроса на экспортируемые нефть и нефтепродукты в мире;
- вызовы для российского рынка автомобилей и автомобилестроения, и сопутствующих рынков.

Соответственно необходимо в условиях высокой неопределенности среды, в том числе не зависящей от России, обосновать меры экономической политики по реакции и адаптации российской экономики к изменениям мирового и российского автопрома в связи с широкомасштабным внедрением электромобилей и соответствующими как изменением спроса на энергоресурсы, так и изменениях на авторынках и в автомобилестроении и смежных областях.

На рис. 1.1 представлена схема влияния электромобилизации в России и мире на отрасли промышленности России: добыча полезных ископаемых, нефтеперерабатывающая промышленность, автомобилестроение и смежные отрасли, а также электроэнергетика. На схеме показано как внутриотраслевое и межотраслевое взаимодействие этих отраслей промышленности, так и влияние этого на другие сферы экономики (бюджетную систему, внешнеторговые потоки, влияние на экономический рост и экономическое развитие. Последнее

понимается как усложнение взаимосвязей в экономике. В результате на качественном уровне показано, какие эффекты на экономику России может оказывать растущий парк ЭМ в мире и России. Также показано, что развитие собственного производства ЭМ и батарей на территории России может создать мультипликативные, социально-экономические и экологические эффекты для экономики. Важно отметить, что, в краткосрочной перспективе, геополитические факторы могут оказывать влияние, превосходящее многие другие факторы, но они подробно не исследуются в данной работе. Однако при формировании предложений новая геополитическая ситуация, а также подобные риски в будущем учитываются, например, через формулирование требований к технологическому суверенитету или большей диверсификации при формировании вариантов развития отраслей и комплексов отечественной промышленности.

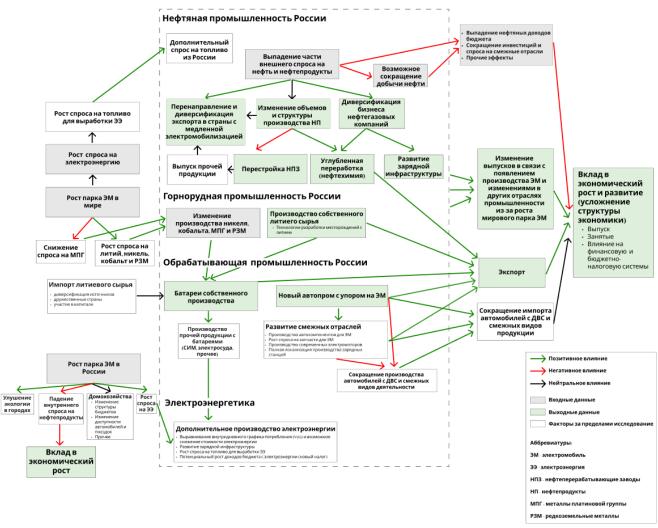


Рисунок 1.1 – Концептуальная схема влияния развития рынков ЭМ в мире и России на отрасли промышленности России и выделение в ней межотраслевого взаимодействия, рассматриваемого в диссертационном исследовании.

#### 1.1.2. Сравнительный анализ типов автомобилей и ЭМ по их влиянию на экономику

В рамках рассматриваемой темы можно выделить 5 типов автомобилей. Это традиционные автомобили с двигателями внутреннего сгорания (ДВС), гибриды — не подключаемые (Hybrid Electric Vehicle - HEV) и подключаемые (Plug-in Hybrid Electric Vehicle - PHEV) к сети, а также чистые электромобили (Battery Electric Vehicle - BEV) и автомобили на водородных топливных элементах (Fuel Cell Electric Vehicles - FCEV).

В таблице 1.1 приведен сравнительный анализ основных преимуществ и недостатков этих 5 типов автомобилей. Все автомобили с ДВС используют бензин или дизель в качестве источника энергии, гибриды также используют электричество, чистые электромобили используют исключительно электричество.

Таблица 1.1. Ключевые параметры разных типов автомобилей

Параметр	ДВС	Гибрид (HEV)	Подключаемый гибрид (PHEV)	Чистый электромобиль (BEV)	Водородный автомобиль (FCEV)
Источник энергии	Бензин/ дизель	Бензин/дизель + электричество	Бензин/дизель + электричество	Электричество	Водород
Преимущества	Более эффективное использование  Широкая топлив, снижение выбросов, возможность использования электрической энергии для более эффективного движения		Возможность проезда на электричестве в режиме электромобиля, снижение затрат на топливо, снижение выбросов	Наименьшие затраты на топливо, полностью экологичный на стадии использования, тихая работа	Полностью экологичный, нулевые выбросы, высокая дальность пробега
Недостатки	Высокие выбросы и зависимость затрат от цен на нефтепродукт ы	Высокая стоимость и сложность системы, ограниченная дальность хода электромотора	Ограниченная дальность в режиме электромобиля, высокая стоимость двойной системы	Ограниченная инфраструктура зарядных станций, ограниченная дальность пробега	Ограниченная инфраструктура заправочных станций, высокая стоимость
Инновационность	Радиаторы для охлаждения двигателя, Системы впрыска топлива и зажигания	Объединение ДВС с электромоторами. Регенеративное торможение	Возможности подзарядки аккумуляторов (запас хода на ~50 км, что позволяет совершать внутригородские поездки) от внешнего источника электроэнергии	Использование батарейных систем с высокой емкостью (запас хода в среднем на 300-500 км) и быстрым зарядом (от 15-30 минут заряд до 80%). Инновационное управление электродвигателя ми и батареями	Технология топливных элементов
Начальная стоимость	Средняя	Выше средней	Выше средней	Высокая	Высокая

Эксплуатационная стоимость	Высокая	Умеренная	Умеренная	Низкая	Низкая
-------------------------------	---------	-----------	-----------	--------	--------

Источник: составлено автором

Для целей данной работы нас будут интересовать только подключаемые гибриды и чистые электромобили, потому что обычные гибриды (HEV) по сути являются лишь модификацией автомобилей с ДВС, а автомобили на водородных топливных элементах являются потенциально перспективными из-за высокой дальности хода и быстрой заправки, но на данный момент объем их продаж не идет ни в какое сравнение с батарейными ЭМ (десятки тыс. ед. по сравнению с десятком миллионов ЭМ).

В будущем водородные автомобили могут занять ниши тяжелых грузовиков [3], которым необходимо преодолевать длинные дистанции, при этом критически не увеличивая свой вес [4].

Также водород может использоваться в других типах транспорта, таких как водный транспорт [5, 6], ж/д транспорт [7] или даже самолеты [8].

Остановимся подробнее на подключаемых гибридах и чистых электромобилях.

- Гибридные автомобили (PHEV), которые имеют традиционный ДВС и электромотор, и небольшую батарею (обеспечивает запас хода порядка 30-50 км), которую можно заряжать от электросети. Такой запас хода позволяет совершать большую часть внутригородских поездок в чистом электрическом режиме, то есть без использования более дорогого моторного топлива и с более высоким КПД электродвигателя против КПД ДВС (подробнее про сравнение КПД см. в 1.2.1). Примером такого автомобиля является Toyota Prius (модели с 2012 года выпуска, до этого была опция только обычного гибрида (HEV)), Chevrolet Volt, Hyundai Ioniq.
- Электромобиль (BEV) полностью электрический автомобиль содержит только аккумулятор (батарею) и электродвигатель. Зарядка автомобиля осуществляется от сети. Примерами чистых электромобилей являются Nissan Leaf, все модели Tesla, BMW i3, BYD Atto 3, VW серия ID и др. Сейчас все основные производители автомобилей начинают выпускать чисто электрические автомобили.

В 2010 году парк электромобилей характеризовался распределением между чистыми электромобилями (BEV) и гибридами (PHEV) в соотношении 60% на 40%. Однако, за 2011-2022 гг. доля чистых электромобилей увеличилась на 13 п.п. и уже превысила 73%. Это говорит о том, что идет постепенный переход в сторону доминирования BEV.

Подключаемые гибриды (PHEV) все еще занимают существенную долю рынка экологически чистого транспорта, но в ближайшее десятилетие их постепенно вытеснят с рынка, так как автопроизводители переключаются на производство чистых электромобилей и перестают инвестировать в гибриды, в первую очередь из-за жестких регулирования в Европе, которые уже в ближайшем будущем не позволят иметь любой двигатель внутреннего сгорания [9].

На данный момент мировой автомобильный рынок находится на своем пике по количеству доступных потребителю автомобилей по типу двигателей, но уже начиная с 2025 года этот выбор будет становиться все уже, как это однажды уже случалось на стыке XIX и XX веков, когда за рынок боролись автомобили на пару, электричестве и бензине [10]. Тогда электромобили проиграли конкуренцию, но сейчас у них гораздо больше шансов стать доминирующим видом транспорта в мире. Поэтому важно изучать влияние этого процесса, как на автомобильный, так и на смежные рынки.

## 1.1.3. Теории инноваций и диффузии инноваций и их использование для экономического анализа развития рынков электромобилей

Теория инноваций является важной областью экономических исследований, которая изучает процессы создания, развития и распространения новых идей, продуктов и технологий.

Один из ключевых ученых, внесших вклад в развитие теории инноваций, является Джозеф Шумпетер, австрийским экономист, который предложил концепцию «созидательного разрушения» в качестве движущей силы экономического роста [11]. Он утверждал, что инновации и новые технологии вызывают необходимость изменений и приводят к прогрессу.

Другим знаменитым ученым, связанным с теорией инноваций, является Эверетт Роджерс. Роджерс разработал концепцию «диффузии инноваций», которая объясняет, как новые идеи и технологии распространяются по обществу [12]. На этой концепции мы подробно остановимся чуть позже.

Еще одним значимым исследователем в области теории инноваций является Клейтон Кристенсен, автор теории «подрывных инноваций» [13]. Он утверждал, что устоявшиеся компании могут потерпеть неудачу из-за нежелания меняться и адаптироваться к новым технологиям и рыночным условиям. Кристенсен сосредоточился на значимости инноваций и подрывных технологий в современной экономике.

Эти концепции помогают понять, как происходит инновационный процесс, какие факторы влияют на его успех и какие стратегии могут быть применены для стимулирования

инноваций. Все это дает возможность нам лучше предсказывать развитие электромобильного рынка.

Теория инноваций также помогает нам осознать, что инновации не ограничиваются только новыми изобретениями и технологиями. Они также включают в себя новые идеи, методы организации работы, модели бизнеса и способы удовлетворения потребностей клиентов. Это расширяет наше понимание инноваций и открывает новые возможности для развития.

Основываясь на работе выдающихся ученых в области теории инноваций, компании, университеты и государства могут разрабатывать стратегии и политики, направленные на стимулирование инноваций в различных сферах. Они могут создавать благоприятную среду для развития инноваций, поддерживать и привлекать инноваторов, обеспечивать доступ к финансированию и ресурсам, а также способствовать обмену знаниями и сотрудничеству между научными и бизнес-сообществами.

Теория инноваций остается актуальной и важной в наше быстро меняющееся время. Она помогает нам адаптироваться к новым вызовам и экономическим условиям, способствует развитию конкурентоспособности и созданию устойчивого развития. Поэтому понимание и применение принципов теории инноваций играют важную роль в современной общественно-экономической динамике.

Диффузия инноваций — это процесс распространения новых идей, продуктов или практик в обществе или внутри определенной группы людей. Он описывает, как новые инновации становятся доступными и принимаются пользователями [14]. Теория диффузии стала широко применяться для изучения процессов проникновения инноваций в различных сферах, включая бизнес, технологии, здравоохранение и образование. Особенно это актуально для прогнозирования долей инновационного продукта на рынке, в нашем случае электромобилей.

Согласно теории, выбор в пользу инновационного продукта на каждом этапе делает определенная группа потребителей. Опишем этот процесс.

• Новый инновационный продукт выбирают только передовые склонные к экспериментам потребители, так называемые новаторы (около 2,5% от всех потребителей). В том числе по причинам моды или другим социальным, а не экономическим факторам. При покупке электромобилей, новаторы в штате Калифорния обладали высокой платежеспособностью и для многих из них вопрос стоимости автомобиля находился на втором

плане, а на первом плане были экологичность и уникальность. Также можно привести пример целых стран, которые является новаторами в электромобилизации, это в первую очередь Норвегия, но и другие скандинавские страны, где раньше всего начал происходить этот процесс.

- <u>Ранние последователи</u> (13,5%) также принимают инновацию быстрее общества в целом. Эти потребители характеризуются стремлением к новым идеям более высокой степенью социальной связности, и платежеспособности, чем среднестатистический индивидуум. На этом этапе электромобили могут привлекать потребителей, таких как технически образованные люди, экологически осознанные потребители и автолюбители, которые стремятся к новым технологиям. Их готовность внедрить электромобили в свою жизнь и опыт использования могут стимулировать интерес остальных потребителей.
- <u>Раннее большинство</u> (около 34%) появляется тогда, когда инновацию принимает достаточное количество людей. Их принятие инновации часто зависит от убеждающей коммуникации и рекомендаций от новаторов и ранних последователей. После чего происходит рост интереса к ней среди более консервативной части общества. С увеличением доступности и развитием технологии электромобилей, их принятие расширяется на раннее большинство. Появление более доступных моделей, улучшение дальности хода и повышение удобства использования способствуют расширению рынка.
- По мере того, как инновация продолжает распространяться, она достигает позднего большинства, состоящего из консервативных людей, которые обычно принимают новые идеи, когда они уже стали стандартом (по теории это следующие 34% потребителей). Электромобили становятся более распространенными и признанными, они привлекают более консервативных пользователей. Улучшение инфраструктуры зарядных станций, рост сети сервисных центров и снижение стоимости электромобилей могут способствовать принятию инновации поздним большинством.
- Некоторые люди проявляют сопротивление и задерживают принятие инновации. Эта группа называется отстающими (последние 16%). Их позднее принятие инновации может зависеть от социального, экономического или культурного контекста. Но также отстающие могут продолжать пользоваться устаревшими технологиями до тех пор, пока есть такая возможность. Здесь классическим примером может служить использование кнопочных телефонов в эру смартфонов [15]. Задержка принятия электромобилей может быть связана с различными факторами, такими как ограниченная инфраструктура зарядных станций,

ограниченная дальность хода электромобилей, высокая стоимость и неопределенность относительно технологических и экономических аспектов. А также простое, не всегда рациональное, желание использовать только автомобили с ДВС до тех пор, пока это официально не запрещено.

Далее рассматриваются характеристики инновации, которые влияют на ее диффузию, а также как эти характеристики проявляются в такой инновации как ЭМ.

- <u>Преимущества</u>: инновация должна предоставлять явные преимущества в сравнении с существующими решениями. Это могут быть экономические выгоды, повышение эффективности, улучшение качества жизни или другие улучшения для пользователей. ЭМ обладают как экономическими (дешевле топливо, уже во многих странах дешевле стоимость владения (см. раздел 1.1.5, 1.2.4 и 1.4.2), а со временем ЭМ станут дешевле и в стоимости производства), так и внеэкономическими (экологическая чистота, снижение зависимости от нефтепродуктов, экономия на топливе и снижение уровня шума, мода и престиж владения ЭМ) преимуществами над традиционными автомобилями.
- <u>Наблюдаемость</u>: чем легче наблюдать результаты применения инновации, тем больше вероятность ее принятия. Если люди видят положительные изменения, вызванные инновацией, они более склонны принять ее. Видимость электромобилей и их позитивные результаты в деле сокращения выбросов, экономии топлива и стоимости обслуживания могут повысить интерес пользователей и их склонность к принятию этой технологии.
- Сложность: сложность в освоении и использовании инновации может оказывать влияние на ее диффузию. Чем проще и понятнее инновация, тем больше вероятность ее принятия. Сложность зарядной инфраструктуры и ограничения по дальности хода могут быть причиной сопротивления и затруднений в принятии электромобилей. Развитие инфраструктуры и улучшение технологий зарядки могут снизить эти сложности и способствовать диффузии.
- Совместимость: совместимость инновации с существующими ценностями, потребностями и опытом пользователей также важна. Инновация, которая легко вписывается в существующие рамки и требует минимальных изменений в поведении или инфраструктуре, будет более вероятно принята. Совместимость электромобилей с существующими потребностями и инфраструктурой транспортной системы является важным фактором. Более широкое развитие зарядной инфраструктуры, включая быстрые зарядные станции и домашние зарядные устройства, может улучшить совместимость электромобилей с повседневными потребностями пользователей.

- <u>Коммуникация</u>: эффективная коммуникация и информационные каналы играют решающую роль в диффузии инноваций. Реклама, маркетинг, устная рекомендация и социальные сети могут значительно влиять на осведомленность пользователей об инновации и их решение принять или отклонить ее. Осведомленность о преимуществах электромобилей и эффективная коммуникация среди различных групп пользователей может повысить их интерес и принятие. Маркетинговые кампании, публичные мероприятия и информационные каналы могут быть использованы для распространения информации и убеждения пользователей.
- <u>Социальное влияние</u>: мнение и поведение других людей, особенно близких контактов и авторитетных лидеров мнений, может оказывать значительное влияние на решение принять инновацию, в нашем случае ЭМ.

Диффузия электромобилей происходит постепенно, пройдя через различные стадии, и ускоряется с учетом вышеперечисленных факторов. Важно отметить, что принятие электромобилей не является однородным процессом, и различные сегменты общества могут проявлять различную скорость принятия и восприятия этих инноваций.

Развитие рынка электромобилей на начальном этапе было обусловлено как государственной политикой субсидирования покупок и использования экологически чистых транспортных средств, так и потенциалом выгод для производителей и потребителей, который в настоящее время еще полностью не реализован.

Это значимое отличие этого рынка от примеров классической диффузии инноваций, когда технология захватывает рынок за счет своих явных преимуществ для потребителя. До сих пор субсидии играют ключевую роль в развитие этого рынка, а запреты на покупку и использование автомобилей с ДВС, которые будут приняты уже в ближайшем будущем, активно влияют на те управленческие решения, которые принимают автопроизводители.

Все это приводит к активным инвестициям во все отрасли промышленности, связанным с производством ЭМ и сопутствующих им товаров, что приводит к технологическим прорывам и снижению стоимости за счет эффекта масштаба. Вполне вероятно, что эта инновация стала бы массовой и без государственной поддержки и некоторого принуждения, но за счет нее она получила ускорение. Поэтому, теория диффузии инноваций все равно может служить полезным инструментом для понимания процесса принятия и распространения электромобилей в обществе. Однако, в случае с ЭМ важно рассмотреть дополнительные критерии, формирующие широкий переход на ЭМ: инвестиционную и технологическую политику автоконцернов, склонность потребителей к выбору ЭМ за счет их преимуществ, а также госполитику во многих

странах по поддержке ЭМ и запрету использования автомобилей с ДВС. Исследованию этих критериев посвящена большая часть первой главы.

#### 1.1.4. Теория потребительского выбора

Теория потребительского выбора представляет собой экономическую модель, которая объясняет, как потребители принимают решения о том, какие товары или услуги приобрести, и каким образом они распределяют свой доход между различными вариантами потребления [16, 17]. Она исходит из предположения, что потребители стремятся максимизировать полезность своих покупок и удовлетворение от потребления при ограниченном бюджете.

Теория потребительского поведения была исследована и разработана множеством ученых и экономистов. Перечислим несколько известных исследователей, которые внесли значительный вклад в развитие этой теории.

- Джон Б. Уотсон американский психолог, который внес вклад в изучение поведения потребителей, особенно в контексте рекламы и маркетинга [18].
- Даниел Канеман и Амос Тверски два израильских психолога в 2002 году получили Нобелевскую премию по экономике за свои работы<sup>5</sup>, в которых было доказано, что потребительское поведение не всегда рационально, и что мы принимаем решения на основе эмоций и предубеждений.
- Филип Котлер считается одним из ведущих экспертов в области маркетинга и имеет значительный вклад в изучение потребительского поведения, включая вопросы сегментации рынка, формирования предпочтений и покупательского поведения.

В основе теории лежат несколько ключевых концепций, отраженных в схеме (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Схема ключевых концепций потребительского выбора

<sup>5</sup> Награжден был только Канеман, так как Тверски умер в 1996 году.

- <u>Предпочтения потребителя</u>: предполагается, что у потребителей существуют предпочтения относительно различных товаров и услуг. Эти предпочтения могут быть выражены с помощью индивидуальных предпочтений, которые могут быть количественно измерены, например, с помощью кривых безразличия. Потребители имеют различные предпочтения относительно типов автомобилей. Некоторые могут предпочитать экологически чистые транспортные средства, такие как электромобили, из-за их низкого уровня выбросов и возможности снижения зависимости от нефтепродуктов. Другие потребители могут оценивать другие аспекты, такие как дальность хода, удобство зарядки и т. д.
- Ограниченный бюджет: предполагается, что у потребителей есть ограниченные ресурсы в виде дохода или бюджета, которые могут быть использованы для покупки товаров и услуг. Бюджет может быть потрачен на различные комбинации товаров и услуг в соответствии с предпочтениями потребителя. Покупка электромобиля может быть связана с определенными затратами. Цены на электромобили могут быть выше, чем на автомобили с ДВС, однако эти затраты могут быть частично компенсированы сниженными затратами на топливо и обслуживание в долгосрочной перспективе.
- <u>Беспристрастность</u>: предполагается, что потребители являются рациональными и стремятся максимизировать свою полезность. Они принимают решения на основе сравнения полезностей, которые они получают от различных вариантов потребления, и выбирают комбинацию товаров и услуг, которая приносит им наибольшую полезность. Эта логика работает и для электромобилей. Потребители учитывают такие факторы, как экологические преимущества, экономия на топливе, возможные льготы и субсидии, комфорт и прочие факторы.

Теория потребительского выбора используется для анализа поведения потребителей, прогнозирования их выборов и оценки воздействия изменений цен, доходов и других факторов. Она также может помочь объяснить, почему некоторые потребители предпочитают электромобили и принимают решение об их покупке, учитывая свои предпочтения, бюджетные ограничения и сравнение полезностей различных вариантов.

Стоит также отметить, что потребительское поведение не всегда можно объяснить рациональными решениями. Некоторые нерациональные аспекты поведения потребителей могут быть объяснены следующими эффектами, которые имеют теоретическое обоснование:

• <u>Эффект присоединения к большинству (эффект моды)</u>: потребители могут покупать определенный товар из-за того, что это соответствует общепринятым нормам. Они

следуют массовому поведению других потребителей, которые также приобретают данный товар. В связи с растущей популярностью и осознанием экологической ответственности, многие потребители выбирают электромобили, постепенно превращая это в новую норму.

- <u>Эффект Сноба</u>: напротив, этот эффект противоположен эффекту присоединения к большинству. Здесь потребитель осознанно отказывается от покупки товара, который пользуется популярностью у большинства других потребителей. Он стремится отличаться и быть уникальным. Некоторые потребители могут осознанно отказываться от покупки популярных моделей электромобилей, чтобы отличаться от большинства и выделиться. Они могут стремиться быть уникальными и выбрать менее распространенные модели или бренды электромобилей.
- <u>Эффект Веблена</u>: этот эффект связан с тем, что спрос на товар может увеличиваться после повышения его цены, что противоречит обычному закону спроса. Некоторые потребители могут рассматривать высокую цену как показатель статуса или качества товара и поэтому проявлять больший интерес к нему. Этот эффект может приводить к увеличению спроса на редкие или уникальные электромобили даже при повышении их цены.

Все эти эффекты указывают на то, что потребительское поведение может быть объяснено не только рациональными соображениями, но также нормами, стремлением быть уникальным и даже ценовыми факторами.

По данным проведённого в 2022 году опроса, окружающая среда продолжает оставаться главным мотиватором для потребителей (38% респондентов), покупающих электромобили [19]. Важную роль также играет тот факт, что многие государства уже объявили о том, что в ближайшие 10–20 лет планируют сначала запретить продажи автомобилей с двигателями внутреннего сгорания, а впоследствии и вовсе полный запрет на передвижение автомобилей, загрязняющих окружающую среду (34% респондентов отметили страх запретов). Экономию на обслуживании, субсидии и улучшенный запас хода отметили по 25% респондентов.

Подробнее о том, как можно рассчитать полную стоимость владения электромобилем на всем жизненном цикле для полного сравнения ее с другими типами транспорта в следующем разделе.

#### 1.1.5. Методология оценки стоимости владения на полном цикле

Теория стоимости владения на полном цикле (Total Cost of Ownership, TCO) является методологией, используемой для оценки общей стоимости владения и эксплуатации продукта

или актива на протяжении всего его жизненного цикла [20]. Она включает в себя все расходы, связанные с приобретением, использованием, обслуживанием и утилизацией продукта.

Основная идея заключается в том, что для принятия обоснованных решений о приобретении продукта необходимо учитывать не только его начальную стоимость, но и все операционные расходы, которые могут возникнуть в течение его срока службы. Это позволяет получить более полную картину стоимости продукта и сравнить различные варианты с учетом всех факторов.

Методология расчета полной стоимости владения включает следующие шаги:

- В начале необходимо определить все элементы стоимости, связанные с продуктом на протяжении его жизненного цикла. Это может включать начальную стоимость приобретения, операционные расходы (такие как затраты на топливо, электроэнергию, обслуживание, ремонт и т. д.), стоимость обновления или замены, а также стоимость утилизации или выведения из эксплуатации.
- Для каждого элемента стоимости необходимо провести количественную оценку. Это может включать расчеты на основе фактических данных, статистических средних или прогнозных моделей.
- Различные элементы стоимости могут иметь разную значимость в зависимости от контекста и специфики продукта. Необходимо определить их веса или важность, чтобы учесть их при суммировании общей стоимости.
- После оценки и взвешивания всех элементов стоимости можно провести сравнение различных альтернативных вариантов продукта или актива. Это позволяет определить, какой вариант обладает наименьшей общей стоимостью владения на полном цикле и может быть наиболее экономически выгодным.

Применение методологии расчета полной стоимости владения помогает принимать обоснованные решения, учитывая не только начальную стоимость, но и все операционные расходы, связанные с продуктом на протяжении всего его жизненного цикла. Это позволяет оценить общую стоимость владения и выбрать наиболее выгодные альтернативы.

Методология расчета полной стоимости владения может быть полезной при анализе и принятии решений о приобретении и использовании электромобилей. Вот несколько способов, как она может быть применена в контексте электромобилей:

• Она учитывает начальные затраты на приобретение электромобиля, включая стоимость самого автомобиля, установку зарядной инфраструктуры и другие связанные

расходы. Сравнение полной стоимости владения разных моделей электромобилей может помочь определить наиболее экономически выгодный вариант.

- Включает расходы на зарядку электромобиля. Учитывая цены на электроэнергию и ее расход электромобилем, можно оценить стоимость использования автомобиля в течение всего срока службы.
- Учитывает расходы на обслуживание и ремонт электромобиля. Расчет полной стоимости владения позволяет оценить затраты на регулярное обслуживание, возможную замену батарей, а также ремонтные работы.
- Полная стоимость владения также может включать налоги и страховые платежи, связанные с электромобилем. В некоторых странах и регионах есть налоговые льготы или субсидии для электромобилей, их учет помогает получить более точную картину стоимости владения.
- В конце срока службы электромобиля возникают расходы на утилизацию или выведение из эксплуатации. Полная стоимость владения также учитывает эти расходы.

Путем анализа и сравнения полной стоимости владения разных электромобилей, можно принять информированное решение о выборе модели, которая будет оптимальна.

Далее рассмотрим экономику использования электромобилей, основные недостатки и препятствия на пути массового внедрения. Проведем расчеты экономики владения традиционным автомобилем и электромобилем.

#### 1.2. Экономика использования электромобилей

Начнем анализ экономики использования электромобилей со сравнительного анализа их плюсов и минусов. Этот раздел написан на основе статьи «Экономический анализ рынков электромобилей в мире и крупнейших странах и регионах» [21].

#### 1.2.1. Преимущества электромобилей

Электромотор с учетом потерь при зарядке обладает эффективностью порядка 85-90% от потребленной из сети электроэнергии, что примерно в 3 раза выше КПД двигателя внутреннего сгорания, который составляет порядка 30-35%. При этом, если учитывать потери при нефтепереработке и генерации и передаче электроэнергии, то разница в полезно использованной энергии может существенно различаться [21, 23]. Для различных стран и регионов мира этот баланс различен в зависимости от структуры генерации электроэнергии [24]. Но даже при зарядке ЭМ от дизельного генератора, он будет более эффективен (проедет дальше), чем дизельный автомобиль с таким же объемом топлива [25]. Это еще раз подтверждает инновационность ЭМ.

Использование электромобилей вместо автомобилей с ДВС сокращает загрязнение воздуха в городах. Традиционные автомобили даже с высококачественным нефтяным топливом выбрасывают множество загрязняющих веществ. Это основной источник вредных выбросов в приземном слое атмосферы, что влияет на здоровье населения. А электромобили не имеют таких выбросов. Выбросы же в связи с генерацией электроэнергии в основном остаются вне городов и/или распыляются на существенно большей высоте, что точно лучше для здоровья населения.

Электромобиль из-за специфики движения в городах более эффективен в плане использовании энергии, чем традиционные автомобили, так как меньше потерь с частыми остановками или медленной ездой.

В большинстве стран мира электроэнергия в среднем дешевле бензина, а цены на нее менее волатильны<sup>6</sup>, чем цены на моторное топливо из нефти. Как уже было сказано выше, электромобиль будет расходовать и меньше топлива, чем аналогичный автомобиль с ДВС. В результате в зависимости от страны и источника энергии затраты на топливо у электромобиля могут быть от 3 до 10 раз ниже.

\_

<sup>&</sup>lt;sup>6</sup> Стоит отметить, что в 2022 году цены на электроэнергию, особенно в ЕС были достаточно волатильны, но это исключительный случай.

Обычная машина с ДВС имеет порядка 2-3 тыс. движущихся частей и деталей. В электромобилях же их всего 20-40 [26, 27]. Механика частей электромобиля значительно проще и соответственно, износ деталей мал, а затраты на это низки. Так, из-за малого износа и простоты обслуживания компания Tesla в начале своего развития давала гарантию на бесконечный пробег.

Электромобиль может иметь в два раза меньше лошадиных сил, чем автомобиль с ДВС, но при этом ускоряться существенно быстрее. Электромобиль, в отличие от автомобиля с ДВС, сразу же дает большие значения крутящего момента, что, собственно, и позволяет достигать такого быстрого ускорения.

Также электромобиль гораздо проще в управлении, чем автомобиль с ДВС, за счет одной передачи, низкого центра тяжести (за счет низкого расположения батареи, которая обычно находится над днищем автомобиля). Благодаря отсутствию двигателя в передней части машины, электромобиль не только дает вам дополнительное место для перевозки грузов, но и также существенно повышает безопасность автомобиля.

По мере роста парка электромобилей, они смогут создавать огромные емкости для хранения электроэнергии. Умная зарядка, которая заряжает ЭМ при избытке электроэнергии и отдает при дефиците, позволят выровнять график потребления и генерации электроэнергии внутри дня. Это позволит сделать электроэнергию дешевле (за счет более равномерной загрузки электростанций). Также рост парка ЭМ позволит более широко применять ВИЭ за счет их прямого использования на заправках (уже реализуется в европейских странах) и потенциала последующей отдачи в сеть.

Технология vehicle to grid — V2G, позволяющая это сделать, все еще находится в начальной стадии внедрения. Пока только некоторые электромобили позволяют передавать электричество от автомобиля в сеть, но почти все автопроизводители начинают активно рассматривать возможность внедрения такого функционала в свой модельный ряд ЭМ. Для владельцев ЭМ это значит, что они смогут не только дешево заряжать свой ЭМ, но даже иметь пассивный доход за счет продажи электроэнергии обратно в сеть при высоком спросе. При этом, у владельцев ЭМ будет возможность отказаться от такого функционала, если будут риски быстрой деградации батареи своего ЭМ.

#### 1.2.2. Недостатки и препятствия на пути массового распространения электромобилей

Высокая стоимость электромобиля является наибольшим препятствием на пути его массового распространения. В настоящее время розничная цена автомобиля среднего класса с

двигателем внутреннего сгорания в два раза ниже цены электрического аналога (рис. 1.3). В большинстве моделей электромобилей кузов и многие другие части позаимствованы у аналогов с двигателем внутреннего сгорания. А самой дорогой частью электромобиля является батарея, на долю которой приходится до 40% от конечной цены электромобиля [28]. И именно удешевление батареи позволит электромобилям стать конкурентоспособными по цене.

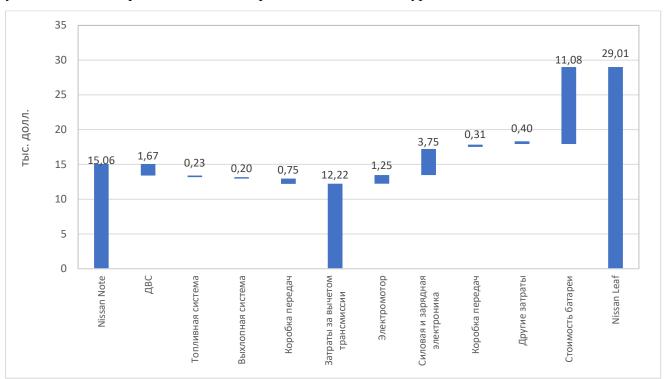


Рисунок 1.3 – Структура стоимости автомобиля с ДВС (Nissan Note) и электромобиля (Nissan Leaf) со схожими техническими характеристиками, тыс. долл.

Источник: [28]

#### 1.2.3. Проблемные точки: батареи и зарядная инфраструктура

В настоящее время выделяется два основных технологических препятствия для развития электромобилизации это неразвитость зарядной инфраструктуры и дороговизна аккумуляторных батарей. Для производителей это технологические вызовы, которые являются одними из основных направлений для НИОКР, а для потребителей это означает большую стоимость электромобилей (за счет аккумуляторной батареи) и большее время заправки по сравнению с традиционными автомобилями. Рассмотрим положение дел в этой сфере на текущий момент.

#### Недостатки аккумуляторов

Основным фактором, который определяет перспективы развития рынка электромобилей, является создание высокоэффективных и дешевых устройств для хранения электроэнергии на борту электромобиля. Рассмотрим тенденции в этой сфере.

Возросший спрос на электромобили, привел к необходимости увеличения производственных мощностей по производству литий-ионных батарей. Это означает, что потребители становятся все более расположенными к покупке электромобилей. Автомобильные компании заказывают все больше аккумуляторов, и производители аккумуляторов реагируют на это.

Стоимость литий-ионных батарей серьёзно упала за последние годы (рис. 1.4). В 2013 году литий-ионные батареи стоили примерно 732 долл. США за кВт.ч, а в конце 2022 года средняя стоимость батареи упала до 151 долл. США за кВт.ч, то есть мы видим снижение стоимости на 79% в постоянных ценах за последние 9 лет [29, 30]. При этом средняя плотность энергии в батареях росла примерно на 5-7% в год, что позволяло сокращать вес батарей.

Однако, стоит обратить внимание, что из-за резкого роста стоимости сырья в 2022 году, цены на батареи не только не упали, но и немного выросли, как видно из рисунка 1.3. Ожидается, что цена на аккумуляторы снова начнет падать в 2024 году, когда ожидается снижение цен на литий по мере ввода в эксплуатацию новых мощностей по добыче и переработке. Прогнозируется, что к 2026 году средние цены на аккумуляторы упадут ниже 100 долларов США за кВт.ч. Это на два года позже, чем ожидалось ранее, и негативно повлияет на способность автопроизводителей производить и продавать массовые ЭМ в регионах, где нет субсидий или других форм поддержки. Более высокие цены на аккумуляторы также могут нанести ущерб экономике проектов по хранению энергии.

Создание дешевых и надежных накопителей электроэнергии в настоящее время связано с разработкой и усовершенствованием литий-ионных аккумуляторов. Хотя исследуются и разрабатываются и другие типы батарей.

Наибольших успехов в области аккумуляторов для электромобилей добилась компании Tesla. Ее автомобили уже сегодня имеет аккумуляторы по цене около или даже ниже 100 долл. США/кВт.ч [31]. Компания строит крупные заводы по производству аккумуляторов для электромобилей, что по оценкам позволит снизить стоимость аккумуляторов до 81 долл. США и даже до 38 долл. США [32].

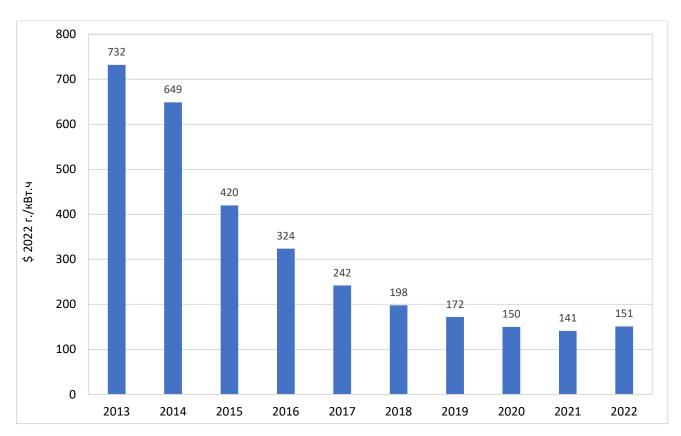


Рисунок 1.4 — Динамика снижения цены батареи с 2013 по 2022 гг. (долл. США 2022 г./кВт.ч) Источник: [32]

#### Риски взрыва аккумуляторов

Как и у любой другой технологии, у электромобилей есть свои риски, и одним из них является возможность взрыва аккумуляторов. Взрывы аккумуляторов электромобилей могут происходить из-за нескольких причин.

Во-первых, аккумуляторы могут перегреваться при зарядке, особенно если они заряжаются слишком быстро.

Во-вторых, повреждения аккумулятора, например, в результате аварии или удара, могут привести к утечке лития, который может воспламеняться на воздухе.

Наконец, механические повреждения аккумулятора могут вызвать короткое замыкание, которое может привести к взрыву.

Несмотря на то, что риски взрыва аккумуляторов электромобилей существуют, они все же являются довольно редкими. Большинство производителей электромобилей уделяют много внимания безопасности аккумуляторов и разрабатывают системы, которые предотвращают перегрев и короткое замыкание. Кроме того, существуют меры безопасности, которые могут помочь предотвратить взрывы аккумуляторов электромобилей.

Во-первых, владельцам электромобилей необходимо следовать рекомендациям производителя по зарядке и хранению аккумулятора. Например, не следует заряжать аккумулятор слишком быстро и не следует оставлять его на сильном морозе или жаре.

Во-вторых, при авариях или повреждениях автомобиля необходимо обращаться к специалистам, чтобы они могли оценить состояние аккумулятора и принять соответствующие меры безопасности.

Наконец, производители электромобилей и ученые продолжают работу над улучшением безопасности аккумуляторов. Например, в настоящее время разрабатываются новые материалы для электродов, которые могут уменьшить риск короткого замыкания.

Кроме того, некоторые производители используют системы охлаждения, которые предотвращают перегрев аккумуляторов, а также разрабатывают алгоритмы управления зарядкой, которые позволяют максимально эффективно использовать аккумулятор и одновременно предотвращают его повреждение.

Риски взрыва аккумуляторов являются недостатком электромобилей, но в целом эти риски можно считать достаточно низкими и контролируемыми. Следуя рекомендациям производителя и принимая меры безопасности при авариях и повреждениях, можно снизить вероятность взрыва аккумулятора до минимума. Более того, работа над улучшением безопасности аккумуляторов продолжается, что обещает еще большую безопасность для электромобилей в будущем.

#### Зарядная инфраструктура. Текущее состояние и проблемы.

Эта часть раздела написана на основе статьи «Анализ развития зарядной инфраструктуры для электромобилей в РФ и мире» [33].

Время зарядки аккумулятора определяется мощностью зарядного устройства. На сегодняшний день предлагаются зарядные устройства 3 основных типов, свойства которых описаны в таблице 1.2.

Таблица 1.2. Типы и стоимость зарядных устройств для электромобилей.

Типы зарядок	Напряжение, В	Мощность, кВт	Количество километров пробега за один час подзарядки, км	Стоимость, тыс. руб.	Время зарядки, часов	Основное место использования
Тип 1 (медленный)	110-120	1,2-1,4	5-6	30-50	6-10	Дом или работа

Тип 2 (коммерческий, город)	208-240	3,3-6,6	16-32	60-200	1-3	Дом, работа или общественные места
Тип 3 (быстрый, межгород)	400-1000	50+	240-1600	800-3000	0,5	Общественные места и междугородние заправки

Источник: составлено автором на основе [35-37]

По оценкам МЭА, в 2022 г. общее количество зарядных станций для электромобилей в мире достигло 28,5 млн единиц. Считается, что на каждый электромобиль приходится хотя бы одна частная медленная зарядка. То есть при парке в 26,0 млн электромобилей в 2022 г. было как минимум столько же частных зарядок. Еще представлено 1,8 млн медленных публичных и 900 тыс. (только 3,1% от общего числа или 33,5% от публичных зарядок) быстрых публичных зарядных станций соответственно (рис. 1.5). 85% всех быстрых зарядок находится в Китае, 8% в Европе, 3% в США и 5% в прочих странах вместе взятых.

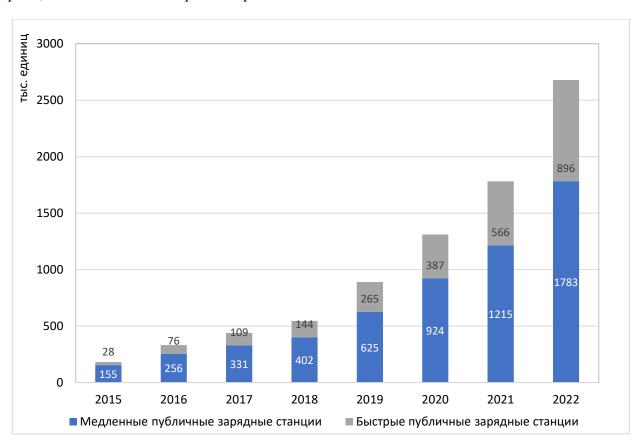


Рисунок 1.5 – Распределение зарядных станций по типу станции в 2015-2022 гг., тыс. шт. Источник: МЭА - Global EV Outlook 2023

Число электромобилей превышает количество публичных зарядных станций почти в 10 раз. Большинство водителей в первую очередь полагаются на частные зарядные станции. Публично доступные зарядные станции распределены неравномерно по рынкам. Такое явление

нормально для ранней стадии развития рынка электромобилей и скорее всего, согласно теории отраслевых рынков [38], вызвана смещением субсидий в сторону покупки новых электромобилей, а не создания зарядной инфраструктуры. После достижения паритета с автомобилями с ДВС, внимание государств сместится в сторону зарядок, если, конечно же, еще будет такая необходимость.

Определенные проблемы могут возникать с организацией зарядки аккумуляторов. В особенности это относится к двум факторам: времени зарядки и частотой зарядки. Частота зарядки зависит от емкости аккумулятора и его весовых характеристик. Можно считать, что для автомобилей компакт-класса допустимый вес аккумулятора не должен превышать 500-700 кг. Поэтому энергоемкость аккумуляторов на единицу веса всегда будет ограничивать применение электромобилей в расчете на пробег на одной зарядке. Правда, для большинства пользователей легковых автомобилей с ежедневным пробегом не более 200-250 км и ежедневной подзарядкой аккумуляторов это может оказаться вполне приемлемым, если электромобиль будет обеспечивать достаточно ощутимую выгоду.

Большинство электромобилей оснащаются внутренним устройством для подключения к электросети напряжением 240 вольт и мощностью 6,6 кВт. В моделях Tesla S мощность зарядного устройства составляет 10 и более кВт. Более высокая мощность позволяет снизить время зарядки (в пределах безопасного уровня мощности). Так, зарядное устройство мощностью 3,3 кВт за один час зарядки обеспечивает пробег около 18 км. Увеличение мощности до 6,6 кВт дает пробег 35 км, 10 кВт – 45 км, а 20 кВт – более 90 км [39].

Существует возможность также в случае острой необходимости замены аккумуляторов. Однако, это возможно только на специально изготовленных электромобилях. 7-10 лет назад в ряде стран, в первую очередь в лице израильского стартапа Better Place [40], рассматривали схемы организации обслуживания поездок на электромобилях с заменой батарей, однако, это не получило массового распространения из-за появления быстрых зарядных станций и отсутствия единого стандарта для батарей. Технология батарей на данный момент является коммерческой тайной для большинства автопроизводителей. Возможно, в будущем данная технология еще получит второе дыхание, когда электромобильный рынок закончит фазу быстрого роста и неопределённости. Сейчас есть пример китайской компания Nio, которая пытается продвигать замену батареи, как альтернативу зарядке, и, кажется, она более успешна в этом. Возможно, что технологии созрели для этого только сейчас.

В таблице 1.3. вы можете наблюдать какое количество зарядных станций приходится на один электромобиль. Стоит отметить, что эти данные будут существенно выше в основных регионах, таких как, Китай, США и Европа, и ниже в остальных частях мира.

Таблица 1.3. Количество публичных зарядных станций и размер автопарка с 2015 по 2022 г., тыс. ед.

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
		Быстр	ые публичнь	іе зарядные	станции			
Китай	12	55	83	110	210	310	470	760
Европа	5,6	9,3	11	15,8	24,7	38,3	46,2	67,8
США	3,5	3,1	3,4	4,2	13,1	16,7	22	28
Прочие	6,4	8,2	11,5	14,1	17	21,6	28,1	40,5
Всего	28	76	109	144	265	387	566	896
		Медлен	ные публичн	ные зарядны	е станции			
Китай	47	86	130	160	300	500	680	1000
Европа	59	113	122	136	187	248	311	446
США	28	35	40	50	64	82	92	100
Прочие	21	22	39	55	73	94	132	236
Всего	155	256	331	402	625	924	1215	1783
Всего публичных зарядных станций	182	332	440	546	890	1311	1781	2679
Размер автопарка	1236	1988	3137	5112	7168	10412	17180	26000
Быстрых публичных зарядок на один электромобиль	0,02	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03
Медленных публичных зарядок на один электромобиль	0,13	0,13	0,11	0,08	0,09	0,09	0,07	0,07
Всего публичных зарядок на один электромобиль	0,15	0,17	0,14	0,11	0,12	0,13	0,10	0,10

Источники: расчеты автора на основе [41]

## 1.2.4. Сравнительная оценка экономики владения традиционным автомобилем и электромобилем

Приведем результаты исследования совокупной стоимости владения электромобиля с момента покупки до прекращения владения в различных частях мира. Как уже говорилось выше (раздел 1.1.5.), совокупная стоимость владения представляет собой полные финансовые затраты в течение всего времени, пока потребитель владеет транспортным средством.

Для сравнения, также были проведены аналогичные расчеты совокупной стоимости владения электромобиля для эквивалентных транспортных средств с ДВС.

Приведем результаты по следующим странам: США (штат Калифорния), Германия и Китай.

Для Германии рассматривались различные классификации автомобилей - малые, средние и люксовые. Небольшие автомобили не исследовались в США и Китае из-за отсутствия прямых сравнений. В Китае также не исследовались люксовые автомобили.

Анализ проводился по следующим метрикам: расходы на приобретение, субсидии, налоги, расходы на зарядное устройство, цены на бензин, тарифы на электроэнергию, расходы на техническое обслуживание, остаточная стоимость автомобиля и пробег, пройденный за год. Затем было рассчитано значение совокупной стоимости владения электромобиля для продолжительности 3, 7 и 10 лет ожидаемого владения транспортным средством для двух сценариев: высокого и низкого пробега.

В настоящее время во всех странах и для всех эквивалентных моделей цена ЭМ больше, чем у ДВС, а в некоторых случаях и значительно больше. Однако преимущественно субсидии и высокая остаточная стоимость электромобилей являются сильными компенсирующими факторами в совокупной стоимости владения.

Ниже (табл. 1.4.) приведено сравнение для Германии в двух сценариях пробега, низкого (около 20 тыс. км ежегодно) и высокого (около 44 тыс. км ежегодно). В качестве маленьких автомобилей эконом сегмента для сравнения были выбраны автомобиль с ДВС Peugeot 208 и ЭМ Peugeot e208. Средние автомобили: ДВС VW New Golf и ЭМ VW eID3. Люксовые автомобили: ДВС BMW 5 серии и ЭМ Tesla Model S.

В Европе и Азии более высокая стоимость бензина и дизельного топлива по сравнению с электричеством также оказывает существенное влияние на совокупную стоимость владения, даже несмотря на то, что стоимость электроэнергии в Германии, например, в три раза выше, чем в США.

Таблица 1.4. Полная стоимость владения различными типами автомобилей для Германии в сценарии низкого (значение слева) и высокого (значение справа) пробегов, тыс. евро. Ошибка! Ошибка связи. Источник: Составлено автором на основе данных исследования [42]

В отличие от небольших автомобилей, люксовые автомобили могут иметь значительный разрыв в начальной цене. Эквивалентные электромобили в этой категории могут быть почти в два раза дороже, чем их аналоги с ДВС. Эта разница в цене компенсирует высокую стоимость

бензина, а для водителей с большим пробегом совокупная стоимость владения для электромобилей может быть выше, чем для автомобилей с ДВС.

Ниже (табл. 1.5.) приведено сравнение для Китая в двух сценариях пробега, низкого (около 18,5 тыс. км ежегодно) и высокого (около 48 тыс. км ежегодно). Сравниваются только средние автомобили: автомобиль с ДВС JAC Jaiyue X4 и ЭМ JAC iEV7L.

Таблица 1.5. Полная стоимость владения различными типами автомобилей для Китая в сценарии низкого (значение слева) и высокого (значение справа) пробегов, тыс. юаней.

Общая стоимость	3 года	7 лет	10 лет
JAC Jaiyue X4 - ДВС	144-212	275-420	345-551
JAC iEV7L - ЭM	55-69	119-139	151-177

Источник: Составлено автором на основе данных исследования [43]

Ниже (табл. 1.6.) приведено сравнение для США в двух сценариях пробега, низкого (около 19,3 тыс. км ежегодно) и высокого (около 64,4 тыс. км ежегодно). Сравниваются средние автомобили: ДВС Chevy Malibu и ЭМ Chevy Bolt. Люксовые автомобили: ДВС Cadillac СТ5и ЭМ Tesla Model S.

В США самые низкие цены на бензин и наименьшие субсидии из всех рассматриваемых стран. Также в США традиционно более высокие пробеги, чем в других странах, из-за чего потребители предъявляют более высокие требования по запасу хода на одном заряде. Несмотря на это, за счет более низких цен на электроэнергию, преимущественно домашней зарядки и экономии на обслуживание, ЭМ являются вполне конкурентоспособными с автомобилями с ДВС на всех временных промежутках владения, о чем свидетельствуют данные исследования.

Таблица. 1.6. Полная стоимость владения различными типами автомобилей для США в сценарии низкого (значение слева) и высокого (значение справа) пробегов, тыс. долл. США

Общая стоимость	3 года	7 лет	10 лет
ВМW 5 - ДВС	11-31	82-112	96-137
Tesla Model X - ЭM	9-17	78-91	87-107
Cadillac CT5 -ДВС	13-28	59-86	73-110
Tesla Model S - ЭM	9-18	75-89	83-106
Chevy Malibu - ДВС	10-22	42-64	53-84
Chevy Bolt - ЭМ	9-14	46-55	53-67
Tesla Model 3 - ЭМ	7-13	42-53	48-65

Источник: Составлено автором на основе данных исследования [44]

Социально-экономические условия значительно различаются между регионами, влияя на доступность электромобиля. Существуют также значительные различия между странами в отношении субсидий, налогов и стимулов при покупке электромобиля, однако расчеты показывают, что общие финансовые затраты на владение электромобилем могут быть убедительным преимуществом для потребителя для большинства моделей автомобилей. В подавляющем большинстве случаев совокупная стоимость владения электромобилем малого и среднего размера ниже аналога на ДВС, и только автомобили класса люкс различаются в зависимости от страны и срока владения.

Далее изучим, в каком состояние сейчас находится электромобильный рынок в мире в целом и на ключевых рынках, какие инвестиции планируются вложить в развитие ЭМ, а также какие меры принимают страны для ускорения внедрения ЭМ.

### 1.3. Анализ развития рынка электромобилей в мире и ключевых странах

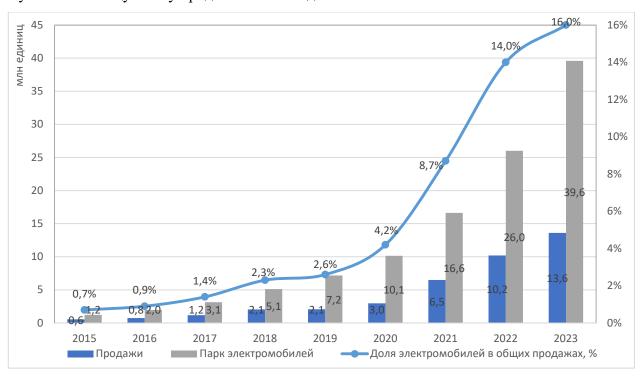
### 1.3.1. Продажи электромобилей в мире и ключевых регионах

В 2023 году продажи электромобилей в мире выросли на 31% до 13,6 млн ед. или 16% от всех продаж новых автомобилей<sup>7</sup>, при этом чистых ЭМ (BEV) было продано 9,5 млн единиц, а подключаемых гибридов (PHEV) — 4,1 млн единиц (рис. 1.6). То есть 70% всех проданных ЭМ составили чистые ЭМ только на батареях.

К концу 2023 года почти 40,0 миллионов электромобилей были введены в эксплуатацию, считая легкие транспортные средства, 73% — это BEV и 27% PHEV.

Как видно из рисунка 1.5, после бурного роста в 2020-2022 гг., мы начинаем видеть некоторое замедление роста электромобильных рынков. На данный момент сложно сказать, является ли этот тренд долгосрочным, но, возможно «ранние последователи» пришли к насыщению, а для следующей категории потребителей текущее предложение не является достаточно хорошим, чтобы принять решение о покупке. То есть требуется дальнейшее удешевление самих ЭМ, рост реального запаса хода, расширение зарядной сети и скорости самой зарядки.

Также стоит отметить, что рынок автомобилей с ДВС почти полностью восстановился, что увеличило общую базу продаж и снизило долю ЭМ.



<sup>&</sup>lt;sup>7</sup> Значения могут корректироваться по мере поступления новых данных.

\_

Рисунок 1.6 – Продажи и парк электромобилей в мире и их доля в общих продажах в период 2015-2023 гг., млн ед. и %

Источники: [41, 45]

Посмотрим на продажи электромобилей в региональном разрезе (рис. 1.7).

После резкого ускорения продаж в Европе в 2020-2021 гг., в 2022-2023 гг. продажи электромобилей замедлились. Их прирост в этим годы составил примерно 15% в год. Свое влияние оказали слабые автомобильные рынки в целом и постоянная нехватка компонентов, так и постковидные последствия и ситуация с военными действиями и их последствиями в Украине.

Продажи электромобилей в США и Канаде увеличились на 26%, по сравнению с 2022 годом. Также видим темпы ниже среднемировых.

Продажи электромобилей в Китае, несмотря на все сложности внутри страны (кризис недвижимости, вспышки коронавируса и локдауны), увеличились на 82% в 2022 году, и еще на 34% в 2023 году. Китайская автомобильная компания ВҮD более чем утроила продажи в 2022 году до 1,85 млн ед., что делает ее первой в мировом рейтинге продаж (если включить их 945 тыс. продаж PHEV). Считая только BEV, Tesla по-прежнему лидирует с большим отрывом с 1,31 миллионами единиц, поставленных в 2022 году.

На прочих рынках продажи ЭМ также активно растут, показав прирост в 130% по сравнению с 2022 годом, то есть можно сказать, что эти рынки уже сейчас становятся важным драйвером всего рынка. Самыми быстрорастущими рынками в 2022 году были Индонезия (от 1 тыс. до 10 тыс.), Индия с ростом на 223% до 50 тыс. (почти все BEV), Новая Зеландия плюс 151% до 23 тыс. и 20% доли рынка. Большой прирост показал и российский рынок — почти в 5 раз увеличились продажи новых ЭМ — с 3 до 15 тыс. ед. Поставки и внедрение электромобилей в настоящее время быстро распространяются на глобальный  $\text{Юг}^9$ .

-

<sup>&</sup>lt;sup>8</sup> Правительство Китая использует термин «транспортные средства на новой энергии» (new energy vehicles или NEV) для обозначения подключаемых к сети электромобилей, имеющих право на получение государственных субсидий, и включает только электромобили с аккумуляторными батареями (BEV), подключаемые гибридные электромобили (PHEV) и электромобили на топливных элементах (FCEV).

<sup>&</sup>lt;sup>9</sup> "Глобальный юг" — это термин, который обычно используется для описания стран и регионов, находящихся в южном полушарии и развивающихся экономически. Этот термин был создан в качестве альтернативы термину "третий мир", который был широко использован в 1950-1970 годах для обозначения стран, не относящихся ни к первому, ни ко второму миру. Термин "глобальный юг" используется, чтобы отразить растущее значение этих стран и регионов в мировой экономике и политике. Глобальный юг включает в себя страны Азии, Африки, Латинской Америки и Океании, которые имеют различные уровни экономического развития, от развивающихся до

Китай, безусловно, является крупнейшим рынком электромобилей, с 59% мировых продаж электромобилей в 2022 году. Его роль в качестве крупнейшей производственной базы электромобилей еще сильнее: 6,7 миллиона единиц, 64% мирового объема, произведены в Китае. Почти 580 тыс. электромобилей были экспортированы из Китая, большинство из них (407 тыс.) западными брендами. Крупнейшими экспортерами стали Tesla, SAIC, Dacia, Polestar, Volvo, Lynk & Co, BMW и BYD. Все остальные компании экспортировали менее 10 тыс. единиц каждый.

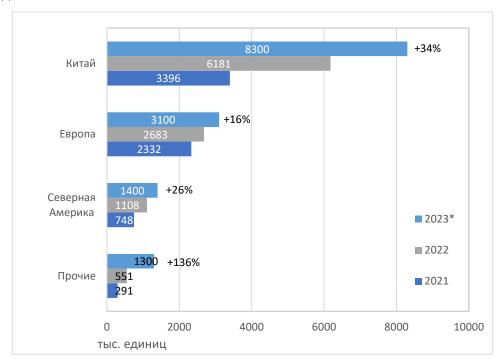


Рисунок 1.7 – Продажи электромобилей в ключевых регионах в 2021-2023<sup>10</sup> гг., тыс. ед. и процент прироста к 2022 году.

Источник: [45]

#### Рейтинг автопроизводителей по поставкам электромобилей

Устойчивый рост продаж электромобилей позволил почти всем автопроизводителям увеличить свои продажи в 2022 году. Мировые поставки электромобилей увеличились в общей сложности на 55% г/г; автопроизводители с более высокими темпами роста увеличили свою долю в секторе электромобилей.

BYD продал более чем в 3 раза больше электромобилей (BEV + PHEV) по сравнению с 2021 годом, увеличив продажи существующих моделей, успешно внедрив новые модели и

сильно развивающихся экономик. Среди них такие страны, как Бразилия, Индия, Китай, Мексика, Южная Африка и многие другие.

<sup>&</sup>lt;sup>10</sup> 2023 год – оценка.

полностью сосредоточив производство и продажи на BEV и PHEV. Незаряжаемые варианты постепенно убирались из линейки компании, и полностью были убраны в апреле 2022 года. BYD в настоящее время является крупнейшим производителем PHEV и переместился с 3-го места в 2021 году на 1-е место для BEV и PHEV вместе взятых (рис. 1.8).

Tesla лидирует в мировых продажах BEV с большим отрывом, с долей 17% во всех BEV, продаваемых по всему миру. Рост в годовом исчислении составил 40%, меньше, чем по сектору, но с высокой базы.

VW Group увеличила продажи электромобилей всего на 10%, оставаясь на прежнем уровне в Европе по сравнению с прошлым годом. Рост в Китае и Северной Америк составил 44% и 18% соответственно. Самыми популярными электромобилями из группы были VW ID.4, ID.3, Skoda Enyaq и Audi Q4 e-tron, все они BEV и все на основе MEB<sup>11</sup>.

Wuling Mini EV достиг своего пика продаж. GM нарастила продажи только на 13% по этой причине. Исключая мини-электромобили, совокупный рост GM для электромобилей составил 68%.

Stellantis получила долю сектора электромобилей в Европе и США, но с небольшим присутствием в Китае Stellantis не смогла участвовать в высоком росте там. Прирост объема на 34% по-прежнему лучше, чем для многих других западных автопроизводителей.

\_

<sup>&</sup>lt;sup>11</sup> Modular electric drive matrix (MEB)

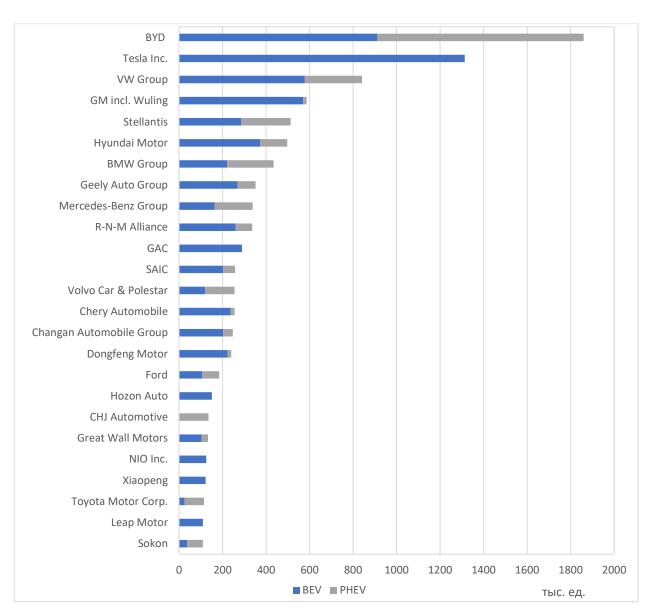


Рисунок 1.8 – Продажи электромобилей по типам и автопроизводителям в 2022 году, тыс. ед. Источник: [45]

Далее приведем результаты анализа из статьи «Развитие рынка электромобилей в России как необходимое условие получения выгод от глобального тренда на электрификацию транспорта» [46].

В табл. 1.7 показаны продажи наиболее популярных электрических моделей автомобилей в Европе в 2020 году в сравнение с 2015 годом. Ожидаемо максимальный спрос сосредоточен на наиболее дешевых моделях с ценами в диапазоне 30-35 тыс. евро, где в 2020 г. лидировали Renault Zoe, Hyundai Kona EV, Volksvagen ID.3 и e-Golf – на эти 4 модели приходится около 18% всех продаж ЭМ в Европе. Следует отметить, что средняя цена приобретаемого автомобиля в ЕС в 2020 году составляла около 29-30 тыс. евро [46], то есть подавляющее число продаваемых

ЭМ вполне соответствует среднерыночным ценам. В целом продажи растут в массовом и среднем сегментах ЭМ с ценами ниже 45 тыс. евро. На премиальный сегмент приходится менее 10% совокупных продаж за прошедшее десятилетие, а в 2020 г. на наиболее дорогие модели приходится только 4% рынка.

Таблица 1.7. Продажи популярных моделей ЭМ в Европе, тыс. ед.

	Минимальная цена, тыс. евро в 2020 году.	Продажи, 2015 г.	Продажи, 2020 г.	Совокупные продажи, 2010- 2020 гг.
Renault Zoe	31,9	18,7	100,8	279,4
Nissan Leaf	30,0	15,5	30,9	185,8
Mitsubishi Outlander P-HEV	31,6	31,2	26,7	185,8
Tesla Model 3	40,0		85,7	180,7
BMW i3	42,6	12,0	23,1	138,1
Volkswagen e-Golf	31,9	11,1	33,7	117,3
Tesla Model S	87,0	15,5	5,6	86,3
Hyundai Kona EV	34,9		47,8	74,0
BMW 330e iPerformance	44,6		26,2	64,0
Volkswagen Passat GTE	44,8	4,9	26,4	63,4
Renault Kangoo Z.E.	38,8	4,2	9,9	57,6
Volksvagen ID.3	31,9		56,1	56,1
Audi e-tron	41,9	1,1	26,5	44,9
Kia eNiro	35,3		31,0	41,2
Tesla Model X	96,0		6,3	40,9
Jaguar I-Pace	77,3		13,9	32,9
Peugeot e208	30,5		31,3	31,3
Mercedes-Benz A250e	36,9		29,4	29,4
Доля моделей с ценой ниже 35 тыс. евро		67%	54%	54%
Доля моделей с ценой в диапазоне 35-45 тыс. евро		19%	42%	36%
Доля моделей с ценой выше 45 тыс. евро		14%	4%	9%

Примечание: цены на автомобили приведены для рынка Германии за самую дешевую комплектацию.

Источники: Electric Vehicle Database, Wikipedia – Plug-in electric vehicles in Europe

Динамичный рост рынка ЭМ обусловлен тремя основными движущими факторами, которые при этом взаимодействуют, усиливая влияние друг друга:

1) государственная политика, направленная в сторону ужесточения требований по вредным выбросам и параллельно субсидирующая переход на ЭМ (подробнее в разделе 1.3.2.);

- 2) автоконцерны, которые уже вкладывают значительные инвестиции в развитие своей линейки электрифицированного транспорта с целью не потерять долю перспективного рынка (подробнее в разделе 1.3.3.);
- 3) потребители, которые становятся все более требовательными в отношении экологичности и экономичности автомобиля, причем многие из них готовы пересесть на ЭМ.

В действительности в настоящее время накопленный парк ЭМ еще мал и составляет всего около 2%. Однако уверенность автора и многих экспертов в дальнейшем его росте связана во многом с действиями ключевых автопроизводителей, заявляющих амбициозные планы и цели по электрификации своих модельных рядов. Так, из 20 ведущих мировых автоконцернов, на которые пришлось около 90% всех продаж в 2022 г., 18 заявили о планах расширить свое предложение и быстро (в период до 2030 г.) нарастить производство легковых ЭМ.

Описанные тенденции отчетливо сигнализируют о том, что автомобильный рынок выходит на новый качественный этап. ЭМ переходят в разряд массового продукта, и рынок постепенно перестраивается в сторону усиления их роли, причем указанные изменения подкреплены фактором предложения — вполне возможен сценарий, когда автоконцерны начнут сворачивать производство традиционных автомобилей, и население многих стран просто не будет иметь возможности их купить.

# 1.3.2. Меры стран по внедрению ЭМ и ограничению на продажи и использование автомобилей с ДВС

Ниже представлена таблица 1.8. с мерами стран по внедрению электромобилей на своих рынках. В таблице представлены данные для разных годов (2021-22, 2025, 2030, 2035, 2040, 2050) и использованы цветовые коды для обозначения типа мер.

Китай: к 2025 году страна устанавливает цель в 25% долю продаж электромобилей (PHEV, BEV, FCEV).

Япония: планируется достижение доли 30-40% гибридных электромобилей (HEV) и 20-30% чистых электромобилей (BEV, PHEV, FCEV) к 2030 году. Долгосрочная цель - 100% продаж гибридных и электромобилей.

Южная Корея: к 2030 году планируется достичь 33% доли чистых и водородных электромобилей.

Европейский союз: парк в 13 миллионов ЭМ к 2025 году и запрет на продажу автомобилей с ДВС к 2035 году.

Франция: в 2025 году планируется продать 500 тыс. PHEV и 660 тыс. BEV. К 2030 году планируется продажа 1,8 миллиона PHEV и 3 миллионов BEV.

Германия: цель в 7-10 миллионов чистых и водородных электромобилей в парке.

Норвегия: полный запрет ДВС с 2025 года.

Канада: к 2030 году планируется достижение 2,7 миллиона ЭМ в парке, а к 2040 году - 14 миллионов.

США: В некоторых штатах США (11 штатов) в 2025 году ожидается парк в 3,3 млн ЭМ. В 10 штатах с 2050 года планируется продажа только ЭМ.

Таблица 1.8. Меры стран по внедрению ЭМ и ограничению на продажи и использование автомобилей с ДВС до 2050 года.

Страна	2025	2030		2035		2040	2050
Цветовой код	Зеленый: отно продаж электро		Син	ний: относительно парка или 100% пр электромобилей электромоб		0% продаж	
			Азі	Я			
Китай	25% NEV (PHEV, BEV, FCEV)						
Индия	20% BEV	1,0 млн 🤇					
Пакистан		30% Э1				90% ЭM	
Индонезия		2,0 млн 3					
Япония		30-40% HE 30% BE PHEV, 3%	V,				100% продаж HEV, PHEV, BEV, FCEV
Южная Корея		33% BEV, 1	FCEV				
Филиппины					109	% ЭМ парк	
Малайзия		100 000 3	ЭМ			•	
Шри-Ланка					П	100% рический или обридный омобильный парк	
Тайланд				1,2 млн ЭМ (2036)			
			Евро				
EC	13 млн ЭМ			100% продаж ЭМ			
		1 млн Э	M	100% продаж ЭМ			
Дания		Запрет з регистран дизельнь бензинов автомоби	цию іх и вых				

Финляндия		250 000 BEV, PHEV, FCEV					
Франция	500 000 PHEV 660 000 BEV (2023)	1,8 млн PHEV 3 млн BEV (2028)					
Германия		7-10 млн BEV, FCEV					
Исландия		Запрет на регистрацию дизельных и бензиновых автомобилей					
Ирландия		500 000 ЭМ Запрет на регистрацию дизельных и бензиновых автомобилей					
Италия		6 млн ЭМ, из них 4 млн BEV					
Нидерланды	15 000 FCEV	300 000 FCEV					
Норвегия	100% продаж ЭМ						
Польша	1 млн ЭМ						
Португалия		30% ЭМ					
Словения		17% ЭМ 100% продаж EV					
Испания		5 млн ЭМ					
Швеция		Запрет на продажу дизельных и бензиновых автомобилей					
Великобритания		50-70% ЭM	Запрет на продажу автомобилей с ДВС				
	00.5	Северная	Америка				
Vores	825 000 ЭM (PHEV, BEV, FCEV)	2,7 млн ЭМ		14 млн ЭМ			
Канада	10% ЭM	30% ЭМ		100% продаж ЭМ (BEV, PHEV, FCEV)			
США	3,3 млн ЭМ (PHEV, BEV, FCEV) в 11 штатах				В 10 крупнейших штатах продажи только ЭМ		
	Другие страны						
Кабо Верде	35% ЭМ	70% ЭM	100% продаж ЭМ				

Колумбия	10% ЭM	600 000 ЭM			
Коста Рика			25% ЭМ		100% продаж ЭМ
Чили					40% ЭM
	177 000 ЭM	1,4 млн ЭМ			
Израиль		100% продаж ЭМ			
Новая Зеландия		30% ЭМ	30% ЭM	100% продаж ЭМ	
	25 тыс. ЭМ производство внутри страны	0,5-3,2 млн ЭМ парк			
Россия		10% от всего производства внутри страны - ЭМ			
	1	<b>51</b> V1			

Источники: [41,48]

В целом, основная тенденция по странам до 2050 года — это постепенное увеличение продаж (а также доли в автопарке) всех типов электромобилей (EV, BEV, PHEV, FCEV) и ограничение или запрет на продажу автомобилей с ДВС.

Наиболее жесткие планы в ЕС — принято решение о запрете на новые продажи автомобилей с ДВС к 2035 г. В Азии жестких планов меньше, но в трех крупных экономиках (Китай, Япония, Южная Корея) в 2025-2030 гг. ожидается, что продажи ЭМ составят более 30% от всех новых автомобилей, что по динамике ЭМ в автопарке сделает их сопоставимыми с европейскими странами. Индия также планирует активно наращивать долю ЭМ в продажах до 20% к 2025 году.

В США о полном переходе к ЭМ объявили 10 штатов, среди которых Калифорния и Нью-Йорк, но в целом можно сказать, что рынок США отстает от Азии и Европы, так как имеет свою специфику парка, требующей ЭМ с большим запасом хода (подробнее в разделе 2.1.2).

Другие страны также демонстрируют интерес к полному или частичному переходу на ЭМ в ближайшие годы. В более, чем 30 странах есть планы по внедрению ЭМ и ограничению автомобилей с ДВС. Это преимущественно развитые страны, но есть и развивающиеся страны, в том числе из Африки.

На ранних этапах внедрения ЭМ, страны объявляют различного рода субсидии на их покупку и использования. Затем по мере роста парка эти стимулы сокращаются и вводят или планируют вводить ограничения на продажу и/или использование автомобилей с ДВС. В большинстве случае запреты планируются после 2035 года. Важно отметить, что сами по себе запреты являются сигналом для потребителей и автопроизводителей для перехода на ЭМ, и могут корректироваться по мере развития рынка.

В ближайшие 5-10 лет развитые страны и Китай продолжат быть главными локомотивами электромобилизации, после чего основной рост будет приходиться на развивающиеся страны, в первую очередь юго-восточную Азию, а в 2040-х годах рост может сместиться в сторону африканских и латиноамериканских стран, при условии достижения паритета стоимости и/или прекращения выпуска автомобилей с ДВС ведущими автопроизводителями, о чем подробнее будет написано в следующем разделе.

# 1.3.3. Инвестиции в основные фонды и НИОКР в автоиндустрии. Планы автопроизводителей по производству электромобилей и батарей для них.

В автомобильной промышленности идет растущий тренд к добровольным объявлениям о целях в отношении развития электромобилей. Эти цели могут быть выражены в виде общих объемов продаж, долей рынка или обязательств по переводу всего портфеля продаж компании или конкретного бренда на полностью электрические автомобили. Стоит отметить, что эти цели часто превосходят все нормативные требования.

Однако важно подчеркнуть, что эти цели, установленные производителями, не имеют обязательной юридической силы и часто сосредоточены на ведущих рынках электромобилей. Примечательно, что самые амбициозные цели часто связаны с европейским рынком, где недавно пересмотренные стандарты выбросов СО<sub>2</sub> требуют, чтобы к 2035 году все новые автомобили и фургоны были автомобилями с нулевым уровнем выбросов. В 2022–2023 годах основные производители оригинального оборудования (ОЕМ<sup>12</sup>) сделали важные заявления как в глобальном, так и в региональном масштабе. Хотя многие китайские автопроизводители недавно раскрыли свои цели в области электромобилей, стоит отметить, что их цели обычно имеют более короткие временные рамки и находятся в пределах досягаемости их текущей доли рынка, в отличие от автопроизводителей, базирующихся в других частях мира.

Кроме того, автопроизводители продолжают вкладывать значительные средства в электрификацию и цифровые технологии. С 2019 года всего семь автопроизводителей, на долю которых приходится почти половина продаж легковых автомобилей в 2022 году, выделили более 55 миллиардов долларов США на новые автомобильные технологии, включая инвестиции в производственные мощности (рис. 1.9). Это подчеркивает приверженность

<sup>&</sup>lt;sup>12</sup> ОЕМ (англ. original equipment manufacturer — «оригинальный производитель оборудования») — компания, которая производит детали и оборудование, которые могут быть проданы другим производителем под другой торговой маркой.

отрасли к развитию электромобилей и внедрению цифровых технологий. Также стоит отметить, что такая высокая доля инвестиций в НИОКР обычно приводит к качественным изменениям во всей индустрии [49-51].

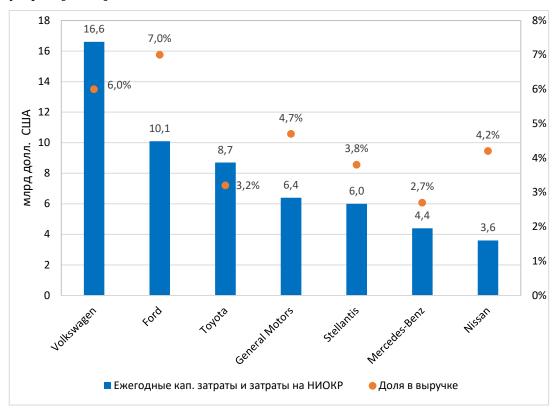


Рисунок 1.9 – Капитальные затраты и затраты на НИОКР некоторых автопроизводителей на электромобили и цифровые технологии в 2019–2022 гг.

Рассмотрим подробнее планы автоконцернов по внедрению электромобилей в свою продуктовую линейку.

В таблице 1.9. представлены официально объявленные планы крупнейших автопроизводителей по инвестициям в выпуск электромобилей и батарей для них до 2030 года. Также в таблице представлены данные по партнерства этих автокомпаний в сфере батарей, материалов и оригинального оборудования (ОЕМ). Совокупно на это запланировано потратить почти 1,2 трлн долл. США [52]. Это более, чем в 2 раза выше, чем оценка 2021 года (515 млрд долл. [53]) и в 4 раза выше, чем оценка 2020 года (300 млрд долл. [54]). Для понимания масштабов происходящих в автомобильном мире процессов, можно сравнить эту сумму

инвестиций с капитализацией крупнейших автокомпаний и получить, что 1,2 трлн это больше, чем суммарная капитализации первых 24 автокомпаний <sup>13</sup>.

Из этих 1,2 трлн примерно поровну пойдет на производство батарей и ЭМ. Всего к 2030 году планируется ввести 5819 ГВт.ч батарейных мощностей и выпускать 55 млн ЭМ. Про некоторые компании стоит упомянуть отдельно.

Таблица 1.9. Официально объявленные планы крупнейших автопроизводителей по инвестициям в выпуск электромобилей и батарей для них до 2030 года.

<b>Компания</b> бренды	Партнерства	Батарейные мощности в 2030 году, ГВт.ч	Планируемый выпуск ЭМ в 2030 году, млн ед.	Инвестиции в батареи, млрд долл. США	Инвестиции в ЭМ, млрд долл. США
<b>Tesla</b> Tesla	Батареи: Panasonic, LGES, CATL, BYD  Mатериалы: Albemarle, BHP, CNGR, Core Lithium, Fangyuan, Ganfeng Lithium, Glencore, Huayou Cobalt, Vale, Kamoto Copper, Liontown Resources, Livent, Minara Resources, Norilsk Nickel, Prony Resources, Sumitomo Metal, Syrah Resources, Talon Metals, Umicore, Yahua Lithium	3000	20	400	100
<b>Toyota</b> Toyota, Lexus, Daihatsu, Hino	Батареи: CATL, Panasonic, GS Yuasa, Toshiba, EV Energy, Fin Dreams (BYD), Prime Planet Материалы: BHP, Ioneer OEM*: BYD, FAW, GAC, Mazda, Subaru, Suzuki, Daihatsu	200	3,5	13,6	56,4
VW Group VW, Audi, Porsche, Seat, Skoda, Lamborghini, Bentley, Bugatti, Scania, MAN, Navistar	Батареи: LGES, SK On, Northvolt, CATL, Samsung SDI, Guoxuan (Gotion), QuantumScape Материалы: Ganfeng Lithium, Huayou Cobalt, Tsingshan, Nano One, Umicore, Vulcan Energy, CBMM	240	5	57	55
Ford Ford, Lincoln	Батареи: LGES, SK On, Panasonic, Samsung SDI, Solid Power Материалы: BHP, Huayou Cobalt, Ioneer, Lake Resources, Lilac	240	3	7	43

<sup>&</sup>lt;sup>13</sup> За исключением компании Tesla, котировки которой сильно завышены, и саму компанию нельзя назвать чисто автомобильной в классическом понимание, она скорее ближе к IT компании, так как разрабатывает собственные чипы, ПО, автопилот и тд. Подробнее [52]

По данным https://companiesmarketcap.com/automakers/largest-automakers-by-market-cap/

	Solutions, Liontown Resources, Rio Tinto, Syrah Resources, Vale				
	OEM: Volkswagen, Changan, JAC, Jiangling				
<b>Honda</b> Honda, Acura	Батареи: CATL, LGES, Blue Energy, Ultium, Envision AESC Материалы: Hanwa	96	2	2,2	37,8
	OEM: GM, GAC, DFM				
General Motors Buick, Cadillac, Chevrolet, GMC, BrightDrop, Baojun, Wuling	Батареи: LGES Материалы: Controlled Thermal Resources, Glencore, Livent, Posco Chemical OEM: Honda, SAIC, Wuling, FAW	140	3	7,5	27,5
	Батареи: Envision AESC, Northvolt, CATL, EVE Energy, Samsung SDI, Solid Power, ONE				
BMW BMW, Mini, Rolls-Royce	Материалы: European Lithium, Glencore, Ganfeng Lithium, Green Lithium, Lilac Solutions, Livent, Managem, Mangrove Lithium, Umicore	120	1,5	10	26,5
	OEM: Great Wall, Brilliance, Stellantis				
SAIC SAIC, Wuling,	Батареи: CATL, CALB, Guoxuan, Sunwoda				
Zhiji, IM, Maxus, MG, Roewe,	Материалы: Tsingshan			1	24
Rising Auto	OEM: GM, VW, Wuling, GAC, WM Motor				
<b>Hyundai/Kia</b> Hyundai, Kia, Genesis, Ioniq	Батареи: LGES, SK On, Solid Power, Factorial Energy, CATL OEM: BAIC, DFM, Arrival	289	3		23,6
Mercedes-Benz	Батареи: LGES, SK On, CATL, Farasis, Envision AESC, Factorial Energy, StoreDot				
Mercedes, Smart, Maybach, AMG, Denza	Материалы: Rock Tech Lithium, Sila Nano	200		30	17
	OEM: Geely, BYD, BAIC, Nissan, Rivian				
M Hero, Skio, Voyah, Aeolus,	Батареи: CATL, Guoxuan, Sunwoda OEM: Stellantis, Renault, Nissan,				15,5
Fengshen	Honda, Kia Батареи: CATL, CALB, Sunwoda				
GAC GAC, Aion, Hycan, Trumpchi	OEM: Toyota, Honda, Stellantis, Mitsubishi, BYD, SAIC, Nio				15,5
Great Wall Ora, Wey, Shalong, Haval	Батареи: Svolt, Farasis, LGES Материалы: Pilbara Minerals				15,5
Nissan Nissan, Infiniti	OEM: BMW Батареи: Envision AESC, LGES, CATL, Sunwoda	130	2	5	12,6

	OEM: DFM, Renault, Mitsubishi				
Jaguar Land Rover Jaguar, Land Rover, Range Rover	Батареи: Samsung SDI, LGES  OEM: Tata, Chery				12
Stellantis Peugeot, Citroen, DS, Opel, Vauxhall, Fiat, Alfa Romeo, Maserati, Ferrari, Lancia, Chrysler, Dodge, Jeep, Ram	Батареи: ACC, CATL, BYD, Svolt, LGES, Samsung SDI, Factorial Energy  Материалы: Controlled Thermal Resources, Vulcan Energy  OEM: GAC, BMW, DFM, Changan	400	3	24	11,5
BYD BYD, Denza	Материалы: Chengxin Lithium, Easpring, Shanshan, Youngy Lithium OEM: Toyota, Daimler, GAC, FAW	489		7,2	10
<b>Xiaomi</b> TBD	Батареи: CATL, BYD				10
Renault Renault, Dacia, Alpine	Батареи: Envision AESC, LGES, Verkor Материалы: Vulcan Energy, Managem, Terrafame OEM: DFM, Geely, Brilliance,	90	1	2,4	9,4
Lucid	Nissan, Mitsubishi, Samsung		0.5		0
Lucid <b>Jidu</b>	Батареи: Samsung SDI, LGES		0,5		8
Jidu	OEM: Geely, Baidu				7,7
Changan Oshan, Avatr, Shenlan	Батареи: CATL, BYD, CALB, A123  OEM: Ford, Suzuki, Stellantis, Mazda, Nio, Jiangling, Huawei		2,7	7,5	7,5
Chery iCar, Exeed	Батареи: Guoxuan, A123  OEM: Jaguar Land Rover, Huawei				7
<b>Rivian</b> Rivian	Батареи: Samsung SDI OEM: Mercedes	100	1	2,5	5,5
Geely Geely, Volvo, Lotus, Polestar, Lynk & Co, Zeekr, Radar, Geometry, Smart, London Taxi, Proton, Livan, Hanma	Батареи: CATL, LGES, Farasis, CALB, Sunwoda, SK On OEM: Mercedes, Volvo, Renault, Lotus, Proton, Lifan, Baidu, WM Motor			6,2	5
<b>VinFast</b> VinFast	Батареи: ProLogium	20	1	2	4,5
Volvo Volvo, Polestar	Батареи: LGES, Northvolt, CATL, StoreDot OEM: Geely	65	0,8	3,3	3,75
FAW Hongqi, Jiefang	Батареи: BYD, CATL  OEM: VW/Audi, Toyota, Mazda, GM,  Xpeng, BYD, Leapmotor				3,5
Xpeng	Батареи: SK On, CATL, CALB,				3,5

Xpeng	Sunwoda				
	OEM: FAW				
BAIC Arcfox, Foton,	Батареи: SK On, CATL, Guoxuan				3
Changhe	OEM: Geely, Mercedes, Hyundai				
Nio Nio, ALPS	Батареи: CATL, CALB, BYD, WeLion, Sunwoda			1	2,5
	OEM: JAC, GAC, Changan				
<b>Li Auto</b> Li	Батареи: CATL, Sunwoda		2		2
<b>Tata</b> Tata	Батареи: GS Yuasa OEM: Jaguar Land Rover				2
WM Motor WM	Батареи: CATL, LGES  OEM: SAIC				1,5
Jianghuai (JAC) Sol, Sehol	Jianghuai (JAC) Sol, Sehol Батареи: Guoxuan OEM: Ford, VW, Nio, Huawei				1
<b>Mahindra</b> Mahindra, XUV, BE, Pininfarina	Батареи: LGES  OEM: Volkswagen, Ssangyong				1
<b>Mazda</b> Mazda	Батареи: Panasonic, Primearth  OEM: Changan, Toyota				1
Всего		5819	55	589	593

Источник: [52]

По словам Илона Маска, Tesla планирует выпустить 20 миллионов электромобилей к 2030 году, а совокупное производство к тому времени достигнет 100 миллионов. Маск говорит, что потребуется строительство новых гигафабрик годовой мощностью 1,5-2,0 млн каждая, общей стоимостью до 100 млрд долларов. Маск также говорит, что в 2030 году Тесле потребуется 3,0 ТВт.ч аккумуляторных мощностей с предполагаемой стоимостью строительства более 200 миллиардов долларов. Чтобы обеспечить эту мощность, компании потребуются сырые и рафинированные аккумуляторные материалы на еще 200 миллиардов долларов или более, в результате чего к 2030 году общие затраты Tesla превысят 500 миллиардов долларов или почти половину всех инвестиций. Стоит также отметить, что Илон Маск славится своими преувеличенными планами, которые если и реализуются, то с существенной задержкой.

Тоуоtа инвестирует 70 миллиардов долларов до 2030 года в электрификацию автомобилей, причем половина этой суммы пойдет на электромобили. К тому времени компания планирует установить более 200 ГВт.ч производственных мощностей по производству аккумуляторов. Компания планирует выпустить 70 электрифицированных

моделей по всему миру к 2025 году, в том числе 15 электромобилей, семь из которых продаются как часть новой серии bZ на новых специализированных платформах, таких как е-TNGA. К 2030 году планируется продать 8 миллионов электрифицированных автомобилей по всему миру, в том числе 3,5 млн BEV и FCEV. К 2030 году компания планирует предложить 30 различных моделей BEV и в конечном итоге планирует сделать всю линейку люксового бренда Lexus электрической.

VW Group потратит не менее 55 миллиардов долларов до 2030 года на электрификацию автомобилей, в том числе 7,1 миллиарда долларов в Северной Америке, поскольку стремится стать крупнейшим в мире производителем электромобилей. Только подразделение VW Audi за это время потратит почти 18 миллиардов долларов. С 2020 по 2030 год группа выпустит 70 полностью электрических моделей. Большинство первоначальных моделей BEV будут построены на вариациях стандартной платформы МЕВ или платформы РРЕ премиум-класса, обе из которых будут заменены единой платформой Mechatronics (SSP), которая может охватывать весь портфель компании, от компактных до роскошных автомобилей и с емкостью батареи от 85 до 850 кВт. К 2030 году VW ожидает, что 70% его моделей в Европе будут BEV, а 50% — в Китае и Северной Америке. Глобальные расходы VW на электромобили включают в себя совместные инвестиции в Китай в размере 17,5 миллиардов долларов с местными партнерами SAIC, FAW и JAC. Совместное предприятие FAW-Audi в 2022 году заявило, что инвестирует 2,25 миллиарда долларов в новый завод по производству электромобилей в Чанчуне, который планируется открыть в конце 2024 года. Ранее VW заявлял о планах потратить не менее 57 миллиардов долларов на производство аккумуляторов, в том числе 20 миллиардов долларов на строительство не менее шести гигафабрик в Европе через свою дочернюю компанию Power Co.

В начале 2022 года Ford заявил, что увеличит расходы на электромобили и аккумуляторы до 50 миллиардов долларов до 2026 года, в связи с планами выпустить более 2 миллионов электромобилей в 2026 году, что составляет около одной трети годового производства компании в мире. Доля электромобилей в продажах вырастет до 50% к 2030 году. Компания разрабатывает две специализированные платформы BEV, одну для грузовиков и фургонов, а другую для легковых автомобилей и кроссоверов, а также будет использовать платформу VW Group MEB в Европе. Ford потратит 2 миллиарда долларов на переоборудование своего завода в Кельне для производства электромобилей, начиная с 2023

года. Совместное предприятие Ford по производству аккумуляторов BlueOval SK и SK On инвестирует 11,4 миллиарда долларов в три завода по производству аккумуляторов в США.

ВҮД открыла свой завод в Хэфэй стоимостью 2,4 миллиарда долларов в середине 2022 года, а также строятся новые заводы в Чжэнчжоу, Цзинане и Сянъяне. Также в середине 2022 года компания открыла завод по производству аккумуляторов стоимостью 1,9 миллиарда долларов в Шаосине. Компания потратит 3 миллиарда долларов на строительство дополнительного производственного объекта рядом со штаб-квартирой в Шэньчжэне и еще 1,15 миллиарда долларов на завод по производству аккумуляторов в Наньнине. Автопроизводитель также потратит 4,2 миллиарда долларов на строительство завода по производству аккумуляторов в Ичуне и 2,2 миллиарда долларов на завод по производству аккумуляторов в Фучжоу. ВУД инвестирует еще 500 миллионов долларов в производство электромобилей на новом заводе в Таиланде. Новые инвестиции компании ниже многих других компаний в связи с тем, что многие инвестиции были сделаны до этого, что позволило компании стать главным поставщиком ЭМ в 2022 году.

\* \* \*

Последнее десятилетие ознаменовалось бурным ростом продаж и парка электромобилей. В среднем продажи росли на 55% ежегодно. Электромобили перешли из ранга нишевого продукта в ранг основного выбора для потребителей на многих, в первую очередь развитых, рынках. Согласно S-образным кривым адаптации технологий, по мере взросления рынка, мы можем ожидать, что постепенно темпы роста будут замедляться.

Также стоит отметить, что сейчас наблюдается явная доминация китайского рынка, и электромобилей китайского производства. Европейские и американские бренды отстают от своих китайских коллег как по качеству, так и по цене. Японские производители пока слабо представлены на рынке ЭМ, предпочитая продавать обычные гибриды (HEV).

В перспективе до 2050 года основной тенденцией политики в отношении ЭМ на уровне стран станет постепенное увеличение доли и продаж всех типов электромобилей, с одновременным ограничением или запретом на продажу автомобилей с двигателями внутреннего сгорания. Наиболее амбициозные планы в этом направлении предприняты в ЕС, где принято решение о полном запрете новых продаж автомобилей с ДВС в 2035 году. Такие ограничения еще больше ускоряют процесс внедрения ЭМ, но могут меняться по мере развития рынка.

Со стороны автопроизводителей планируется проинвестировать около 1,2 трлн долл. в развитие НИОКР и производство ЭМ и батарей для них. Интересно, что, о наибольших инвестициях, объявили именно не китайские бренды. То есть, можно сделать вывод, что либо период активных инвестиций китайскими компаниями уже позади, либо у них более эффективный инвестиционный процесс. Но в любом случае, можно констатировать, что мы наблюдаем процесс существенного роста планов по инвестициям в ЭМ и батареи для них каждые 1-2 года. Например, эти планы уже сопоставимы с текущими инвестициями в ВИЭ.

Несмотря на все позитивные тренды, перед электромобилями остается ряд существенных рисков. Ключевой риск заключается в том, что ЭМ росли во многом за счет стимулирования и, если они не достигнут реального паритета стоимости в ближайшие несколько лет, то стоимость дальнейшего стимулирования рынка может стать неподъемной для многих стран. Это может привести, как к отмене стимулов, так и к сдвиганию запретов. И, частично, мы уже наблюдаем такие тенденции. Также должны быть решены вопросы с зарядной инфраструктурой, страхованием ЭМ и утилизацией отработанных батарей.

Кроме этого, стоит отметить, что те инвестиции, которые сейчас делаются автопроизводителями и другими компаниями, оказывают существенное влияние на финансовую устойчивость этих компаний. Конкуренция, как внутри страновых рынков, так и мире в целом, может привести к тому, что многие компании, которые сделают неэффективные или неправильные инвестиции, окажутся в проигравших, вплоть до поглощения или банкротства. Все эти процессы являются естественными для экономики в целом, но могут оказывать большое влияние на экономику стран, сильно зависимых от автоиндустрии, таких как Япония, Германия и Южная Корея, где огромная часть населения задействована в этой отрасли [56].

Будут ли решены эти проблемы, станет понятно уже в ближайшие годы. Также не исключено возникновение новых вызовов, о существование которых сейчас неизвестно или они не кажутся существенными.

#### 1.4. Текущее состояние электромобилизации в России

### 1.4.1. Продажи, парк электромобилей и зарядная инфраструктура в России

Российский электромобильный рынок в настоящее время крайне мал как относительно российского авторынка, так и относительно мирового рынка электромобилей. До 2019 года продажи колебались около отметки в 100 единиц (рис. 1.10).

Начиная с 2019 года продажи начали расти экспоненциально и в 2023 г. составили почти 15 тыс. ед. [57] или около 1% всех продаж легковых автомобилей в России. Такой рост вызван увеличением количества доступных к покупке моделей (в том числе собирающихся внутри страны), развитием зарядной инфраструктуры и различными государственными стимулами [58-59]. По-видимому, важным фактором стало и изменение авторынка в 2022-2023 гг., когда ушли западные автоконцерны, а цены на автомобили значительно поднялись. Это могло привести к большему число потребителей, которые сравнивали традиционные автомобили и ЭМ.

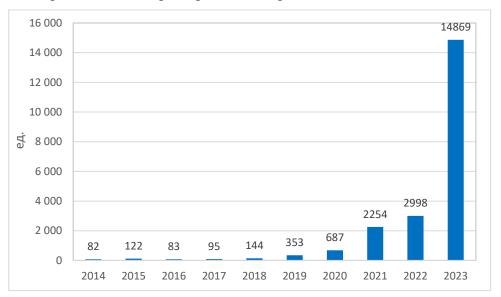


Рисунок 1.10 – Продажи ЭМ в России по годам с 2014 по 2023 гг., ед.

Источник: Автостат

Также, такие высокие рыночные показатели могут объясняться налаживанием параллельного импорта, который правительство легализовало в мае. При этом в целом продажи новых легковых и легких коммерческих автомобилей в России в 2022 году упали на 59%, а в 2023 году восстановились лишь частично, немного не дойдя до 1 млн ед. То есть, при общем падении рынка, рынок электромобилей устойчив и даже растет, как это было в мире в 2020 году, когда несмотря на коронакризис, рынок ЭМ рос в противофазе со всем автомобильным рынком.

Парк ЭМ рос более равномерно по годам за счет б/у ЭМ и в 2018 году впервые превысил 1 тыс. ед. На 2023 год в парке насчитывается почти 38 тыс. ЭМ [60] (рис. 1.11), что составляет только 0,1% от мирового электромобильного парка (при доле России – 3% в мировом ВВП по ППС, и почти 4% — в автопарке) и 0,1% от российского автопарка (45,4 млн легковых автомобилей по данным агентства Автостат).

Около 75% всех электромобилей в России представлены одной моделью – Nissan Leaf. Примерно 60% находится на Дальнем Востоке и в Сибири, где в основном представлены подержанные автомобили из Японии и Китая. Также высокая концентрация электромобилей наблюдается в Москве и Краснодарском крае.

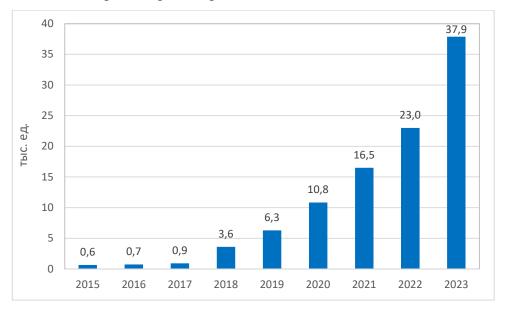


Рисунок 1.11 – Парк ЭМ в России по годам с 2015 по 2023 гг., тыс. ед.

Источник: Автостат

В России на данный момент насчитывается около 3700 медленных и 700 быстрых зарядных станций [61]. Что касается быстрых зарядок, то они достаточно сильно обособленны по стране и городам и не имеют общих стандартов для максимального охвата. Зарядки расположены преимущественно в Москве, Сибири (Новосибирск, Красноярск и Иркутск) и на Дальнем Востоке, то есть там же, где расположен сам парк электромобилей. Ситуация с междугородними зарядными станциями достаточно плачевная. Если по основным трассам европейской части России еще как-то можно проехать, то о других частях страны речи не идет [33]. Предложение по развитию зарядной инфраструктуры в России подробно описаны в 3 главе (раздел 3.3) и приложение 3.

В итоге мы имеем следующую картину российского электромобильного рынка. Рынок электромобилей в России мал по сравнению, как с внутренним, так и мировым авторынком. С 2019 года продажи растут, поддерживаемые появлением новых моделей, развитием зарядной инфраструктурой и государственными стимулами, но все еще составляют величину, чуть больше погрешности. Парк электромобилей также небольшой, 90% это б/у ЭМ (в основном за счет Nissan Leaf), но это направление активно растёт. Зарядные станции разрознены, и в основном находятся в Москве, Сибири и на Дальнем Востоке. Междугородних станций мало. Рынок требует дополнительной поддержки для расширения.

# 1.4.2. Сравнительная оценка экономики владения традиционным автомобилем и электромобилем в России

Для того, чтобы провести сравнительную оценку затрат на владение электромобилем в России для условий начала 2024 года, были выбраны 4 наиболее популярных новых автомобиля с ДВС и ЭМ близкого класса, а также 1 модель ЭМ с пробегом и ее аналог с ДВС<sup>14</sup>.

Ниже (табл. 1.10.) приведено усредненное сравнение ЭМ с его усредненным аналогом с ДВС. ЭМ получается в среднем дороже на 2,2 млн руб. или почти в два раза. Субсидии не учитываются, так как их получение требует высокой степени локализации сборки ЭМ внутри страны в то время, как наиболее популярные на данный момент ЭМ привезены по импорту.

Затраты на TO ЭМ в среднем в 2-3 ниже, чем аналогичного автомобиля с ДВС, так как нет необходимости в относительно частой замене различного рода масел.

Затраты на топливо у электромобиля примерно в 3 раза ниже, чем у автомобиля с ДВС. У владельцев автомобилей с ДВС нет альтернатив заправочным станциями для пополнения запасов топлива, в то время как у электромобилистов их множество, от бесплатных городских зарядок до быстрых зарядных станций с тарифами, не сильно уступающими традиционным заправкам. От того, как заряжать ЭМ, его экономика существенно разнится. Если его заряжать только на платных станциях быстрой зарядки, экономия будет всего около 18%.

В итоге получается, что ежегодные затраты на эксплуатацию электромобиля варьируются от 17 до 75 тыс. руб., что от 22% до 70% меньше, чем затраты на автомобиль с ДВС.

<sup>&</sup>lt;sup>14</sup> ДВС: Chery Tiggo 7 Pro, Geely Coolray, Haval Jolion, EXEED LX. ЭМ: Volkswagen ID.4, Tesla Model Y, Zeekr 001, Evolute i-PRO. Б/У автомобили: ДВС - Nissan Note, ЭМ - Nissan Leaf.

Если учитывать бесплатный доступ к городским парковкам в крупных городах, в первую очередь Москве, бесплатный проезд по платным магистралям и другие преференции, для многих потребителей выгода может быть значительно больше.

Замена батареи на данный момент является достаточно редким явлением, так как они достаточно медленно деградируют, сохраняя примерно 80% первоначальной ёмкости после 5 лет эксплуатации [63]. У автомобилей Tesla этот показатель значительно выше за тот же период эксплуатации, более 90% [64].

Таблица 1.10. Характеристики среднего автомобиля с ДВС и электромобиля и оценка затрат на эксплуатацию в 2024 году.

	ДВС	Электромобиль
Стоимость среднего автомобиля	~2,6 млн руб.	~4,8 млн руб. (-субсидии)
ТО в год	15 тыс. руб.	5 тыс. руб.
Страхование КАСКО <sup>15</sup>	~100 тыс. руб.	~220 тыс. руб.
Потребление топлива на 100 км	7,5 л	23,3 кВт.ч (~2,5 л)
Траты на топливо на 100 км (~57руб./л, 5-15руб./кВт.ч)	425 руб.	116 - 349 руб.
Траты на топливо в год (10-20 тыс. км за год)	43 - 86 тыс. руб.	12 - 70 тыс. руб.
Общие оценочные затраты на ТО и топливо в год	54 - 96 тыс. руб.	17 - 75 тыс. руб.

Источники: данные официальных дилеров, оценки автора для условий России

«Окупаемость» электромобиля подразумевает под собой, что при изначально более высокой стоимости приобретения, за счет экономии на обслуживание и топливных затратах, через какое-то время общая стоимость владения становится ниже, чем у автомобиля с ДВС. При средних заданных в табл. 1.10 такая окупаемость наступает через десятки лет (20-40 тыс. экономии ежегодно при начальной переплате в 2 млн). Получается, что для российского потребителя цена на новый электромобиль до сих пор остается непомерной, а экономия от топлива не покрывает разницу в цене на сам автомобиль. Это значит, что покупка новых ЭМ в России обусловлена нерыночными факторами и/или другие факторы, такие как бесплатная парковка, обеспечивают существенную дополнительную экономию.

Также отметим, что при покупке электромобиля на вторичном рынке, экономия наступает значительно быстрее, примерно через 6-7 лет [65].

 $<sup>^{15}</sup>$  Около 10% автомобилистов имеют полис КАСКО, который в среднем стоит 3-5% от стоимости авто, но может значительно различаться в зависимости от множества факторов.

Дальний Восток России, не являющийся самым богатым регионом страны, вряд ли может быть рассматриваем как «оплот борьбы за экологию». Однако, популярность электромобилей в этом регионе обусловлена другими причинами.

Первая причина заключается в его близости к Азии. Местные жители часто перевозят уценённые подержанные автомобили из Японии. На рынке подержанных автомобилей модели Nissan Leaf 2011-2013 годов в среднем стоят от 500 до 800 тыс. рублей.

Вторая причина связана с доступной электроэнергией и высокой стоимостью топлива. Электроэнергия на Дальнем Востоке является одной из самых дешёвых в стране, так как государство предоставляет субсидии потребителям для стимулирования местной экономики. В то же время, стоимость топлива в регионе выше, чем в других частях страны, из-за недостаточности мощностей местных нефтеперерабатывающих заводов.

По данным Федеральной службы статистики, цены на топливо на 6% выше, чем среднероссийские. Некоторые пользователи сообщают о том, что подзарядка подержанного электромобиля обходится им в 500 рублей в месяц, в то время как бензин для автомобиля с ДВС обходится почти в 10 тыс. рублей ежемесячно. В среднем водитель подержанного Nissan Leaf сэкономит от 40 до 50 тыс. рублей в год по сравнению с владельцем отечественного автомобиля Lada Granta. Основная причина недостаточной популярности электромобилей в других регионах заключается в их высокой стоимости, однако это может скоро измениться с падением цен на аккумуляторы.

#### 1.4.3. Готовность россиян к электромобилям

Согласно опросу ВЦИОМ [66], посвященного электромобилям, были получены следующие результаты.

Две трети россиян (68%) имеют автомобили в своих семьях. Из них 17% владеют более чем одним автомобилем, а 33% не имеют автомобилей в семьях. Среди россиян, у которых есть автомобили, 55% заявили, что сами водят машину.

Если бы людям, у которых есть автомобиль и которые его водят, предоставилась возможность заменить автомобиль другим видом транспорта, 50% из них выбрали бы электромобиль. Среди молодежи этот показатель составляет 55-60%, а среди возрастной группы 45-59 лет - 57%.

В гипотетической ситуации приобретения автомобиля для себя или своей семьи 42% россиян выбрали бы электромобиль. Среди мужчин этот показатель равен 37%, а среди женщин

- 47%. 46% респондентов выбрали бы автомобиль с двигателем внутреннего сгорания, а 5% предпочли бы другие варианты.

Среди тех, кто выбрал бы электромобиль, основными причинами являются экологичность (83%), высокая стоимость бензина (14%) и экономичность использования электромобиля (11%).

Те, кто выбрал бы автомобиль с двигателем внутреннего сгорания, считают, что его проще заправлять (36%), он дешевле (14%) и более привычен (12%) в использовании.

Какие выводы можно сделать из этого опроса. В России две трети домохозяйств владеют хотя бы одним автомобилей и половина из них готова пересесть на ЭМ. Это говорит о том, что при правильной первоначальной настройке этого рынка, российский потребитель без дополнительного принуждения выберет электротраснпорт. Подробнее о том, как сделать эту настройку будет описано в 3 главе данной работы.

\* \* \*

Несмотря на то, что электромобилизация в России пока не имеет системного развития, в ней уже появился свой парк электромобилей, насчитывающий почти 40 тыс. ед., наблюдается своя специфика использования ЭМ от региона к региону. Отметим наиболее интересные с экономической точки зрения направления:

- 1. Снижение затрат на поездки за счет использования б/у электромобилей населением, особенно на Дальнем Востоке. Это позволяет экономить текущие затраты на обслуживании и заправке топливом при относительно невысоких первоначальных затратах на приобретение электромобиля.
- 2. Значительный (почти пятикратный) рост продаж новых ЭМ в 2023 г. как следствие санкций и роста импорта из Китая, лидера электромобилизации.
- 3. Развитие зарядной инфраструктуры пока носит очаговый характер, не позволяет использовать полноценно и повсеместно те электромобили, которые есть в России. Это снижает привлекательность владения электромобилем для ряда категорий потенциальных пользователей (пути решения данной проблемы будут предложены в 3 главе).
- 4. В московских каршерингах или такси (которые по своей специфике работы могли бы стать хорошим местом применения) электромобили пока не получили широкого распространения.

Такая сильная просадка автомобильного рынка, которая произошла в 2022 году, дает возможность для развития внутреннего производства. Автомобильный рынок претерпел полную трансформацию, и прогнозировать его состояние даже через год крайне сложно. Тем не менее, можно предположить, что имеющийся пробел, образовавшийся в результате ухода западных автокомпаний, может быть заполнен не только за счет импорта китайских автомобилей. Подробно этот вопрос будет проанализирован в 3 главе.

#### Выводы по первой главе

Электромобиль с современными типами батарей является инновационной технологией, для анализа развития которой в рамках данного исследования используются теории инноваций и диффузии инноваций. Они помогают понять откуда берутся инновации, как и с какой скоростью они распространяются.

В работе также используются теория потребительского выбора и методология оценки общей стоимости владения и эксплуатации продукта на протяжении всего его жизненного цикла. Они нужны для формирования гипотез о процессах выбора ЭМ и корректного сравнения затрат на приобретение и эксплуатацию ЭМ и автомобилей с ДВС.

Доля продаж электромобилей среди легковых автомобилей растет каждый год уже более 10 лет, и в 2023 году составила 16% от всех новых продаж. Такая существенная доля и ее быстрый и устойчивый рост позволяют сделать вывод, что в мировом автопроме начался этап перехода на электромобили (по крайней мере, в сегменте легковых автомобилей). Этот процесс создает множество последствий для ряда отраслей мировой и российской экономик, в том числе: автомобилестроения, производства автокомпонентов и комплектующих, производства новых материалов для батарей и других. Также произойдут изменение потребительского поведения и структуры затрат домохозяйств, изменения в потребление энергетических ресурсов (нефтепродуктов и электроэнергии), структуры их производства, а также связанных с этими секторами инвестиционных и текущих денежных потоков, в том числе поступления в бюджеты. Как было показано в разделе 1.3, в первую очередь на главных автомобильных рынках - в Китае (30%), ЕС (23%) и США (7%), на которые приходится более 90% всех продаж новых ЭМ. В прочих странах, в том числе и в России ЭМ развиваются менее масштабно и существенно медленнее.

При этом показано, что в России на начало 2024 г. количество ЭМ в парке приближается к 40 тыс., а продажи в 2023 г. составили около 15 тыс. ед. (или около 1% от всех новых продаж). В России есть своя специфика использования ЭМ от региона к региону, такая как, например, использование б/у электромобилей населением в ряде регионов, что позволяет уже сейчас существенно экономить на топливных затратах. При этом зарядная инфраструктура существенно разрознена и не имеет достаточной плотности покрытия, что в целом нормально для ранней стадии развития рынка, но ограничивает скорость его массового внедрения.

Электромобиль обладает рядом основных преимуществ по сравнению с автомобилем с ДВС. Они обладают более высокой эффективностью по сравнению с автомобилями с ДВС, что

связано с более высоким КПД электромотора. Стоимость электроэнергии обычно ниже цены на бензин, и затраты на топливо у электромобиля могут быть значительно ниже, хотя это варьируется в зависимости от страны, структуры генерации электроэнергии и налогов на топливо.

Электромобили являются эффективным средством для сокращения загрязнения воздуха в городах, поскольку они практически не выделяют вредных веществ при эксплуатации, в отличие от традиционных автомобилей. Для мира в целом и большинства стран ЭМ могут стать эффективным инструментом сокращения углеродного следа. При этом стоит отметить, что, если параллельно с этим генерация электроэнергии будет сохранять высокую углеродоёмкость, эффекты от внедрения ЭМ будут существенно ниже.

Электромобили более эффективны в использовании энергии в городской среде, благодаря меньшим потерям при частых остановках и медленной езде. Электромобили имеют меньше движущихся частей и деталей, что упрощает их обслуживание и снижает износ. Электромобили обладают высокой динамикой ускорения благодаря моментальной доступности крутящего момента. Управление электромобилем проще из-за отсутствия нескольких передач и низкого центра тяжести, что также повышает безопасность и обеспечивает дополнительное пространство для грузов.

Все эти факторы определяют доминирование этой новой технологии на рынке производства легковых автомобилей уже в среднесрочной перспективе.

Несмотря на все преимущества у ЭМ также есть ряд важных недостатков, сдерживающих их развитие и проникновение на рынки. Высокая стоимость электромобилей является основным препятствием для их массового распространения (в настоящее время, в среднем, в два раза выше, чем у автомобилей с двигателем внутреннего сгорания). Это связано с батареей, которая является самой дорогой частью электромобиля и составляет до 40% его конечной стоимости. Вторым ключевым препятствием является недостаток зарядной инфраструктуры и ограниченный запас хода на одной зарядке на начальных этапах развития рынков.

Прогнозируется, что ЭМ могут достигнуть паритета стоимости с традиционными автомобилями без субсидий во второй половине 2020-х годов. Это станет возможным благодаря колоссальным инвестициям в НИОКР электромобилей и эффекта масштаба в их производстве. Уже принято инвестиционных решений по ЭМ и батареям для них на 1,2 трлн долл. до 2030 года. Все главные мировые автопроизводители сделали ставку на этот экологически чистый

транспорт, объявляя о полном переходе на выпуск электромобилей уже в ближайшее десятилетие. Вероятность разворота или неосвоение прочих рынков, по мере насыщения ведущих, видится крайне маленькой.

Кроме субсидий и гигантских инвестиций, множество стран, в том числе крупнейших и наиболее важных с точки зрения автопромышленности, объявили о требованиях по структуре продаж и парка ЭМ и/или о планах по частичному или полному запрету на продажи или использование автомобилей с ДВС. Это является одним из важнейших факторов отказа от автомобилей с ДВС.

С одной стороны, российская экономика сталкивается с вызовами, связанными с сокращением спроса на экспорт нефти и проблемами на рынке автомобилей и автомобилестроения. В неопределенной среде, зависящей, в том числе от внешних факторов, Россия должна разработать экономическую политику и стратегии адаптации для реагирования на изменения в автомобильной промышленности, вызванные широким внедрением электромобилей в мире. Это включает анализ изменений в спросе на энергоресурсы и на автомобильных рынках, а также разработку соответствующих мер и стратегий адаптации. Для того чтобы разработать адекватные меры и стратегии необходимо оценить то, как может выглядеть электромобильный рынок через 30 лет, чему посвящена следующая глава данной работы.

С другой стороны, развитие собственного производства и дальнейшее широкое использование ЭМ в национальной экономике создает возможность ее дополнительного развития и ускоренного роста, в том числе за счет выпуска востребованной на внутреннем и внешних ранках продукции — ЭМ, батарей и сырья для их производства. Этому будет посвящена третья глава.

## ГЛАВА 2. РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ И СЦЕНАРНЫЕ ПРОГНОЗЫ РАЗВИТИЯ РЫНКА ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ЭТОГО НА ЭКОНОМИКУ РОССИИ

Глава 2 написана на основе статьи «Влияние развития электромобилей на потребление энергоресурсов: риски и возможности для экономики России» [67].

По мнению подавляющего большинства экспертов, процесс дальнейшей электромобилизации автопарка неизбежен, неопределенность в этой сфере во многом связана со скоростью этого процесса и конкретными технологическими решениями, которые будут обеспечивать электрическое питание автомобильных двигателей. В России число электромобилей также может достаточно быстро увеличиваться, хотя и, видимо, с задержкой по отношению к странам-лидерам, что больше связано с состоянием автомобилестроения, чем осознанным выбором.

Структурные сдвиги, связанные с процессами электромобилизации мирового транспорта, повлекут за собой ряд существенных макроэкономических последствий для российской экономики.

Во-первых, быстрое расширение использования электромобилей снизит потребление автомобильного топлива во всем мире, что в свою очередь, повлияет на экономику России как крупнейшего производителя и экспортера нефти и нефтепродуктов (исследуется в этой главе).

Во-вторых, внутри самой России увеличение доли электромобилей в автопарке определит не только снижение спроса на нефтепродукты, но может и должно способствовать (или создает возможности) ускоренному развитию новых высокотехнологичных производств, нацеленных на выпуск электромобилей, батарей для них, комплектующих и автокомпонент, зарядных устройств, систем управления и т. д., а также повлияет на экологическую ситуацию как на уровне городов (где выбросы выхлопных газов важнейший фактор негативного влияния на качество воздуха), так и эмиссии парниковых газов (при достаточной «зелености» российской электроэнергетики). По сути, на базе развития собственного производства электромобилей можно «пересобрать» автомобилестроительную отрасль России.

Также важным направлением развития промышленности должно стать создание технологий и производств собственных батарей как для электромобилей, так и для других видов транспорта и потребителей. Попутно должна возникнуть отрасль экологически безопасной переработки и утилизации отработанных батарей (исследуется в 3 главе).

Обе группы последствий требуют проведения соответствующей отраслевой политики, для разработки и обоснования которой необходимы сценарные прогнозы, для разработки которых была построена имитационная модель внедрения ЭМ в автопарк.

Остановимся подробнее на том, как электромобилизация может повлиять на спрос на энергоресурсы в мире и России.

# 2.1. Расчетная модель для прогнозирования структуры автопарков и потребления ими моторных топлив и других энергоресурсов

### 2.1.1. Требования к модели и номенклатура параметров

Прежде чем приступить к сбору данных и построению модели, определим ее цель и ожидаемые результаты.

Одна из главных задач исследования заключается в том, чтобы понять, сколько нефтепродуктов будет потребляться в той или иной стране и в мире в целом в ближайшие 30 лет при различных сценариях электромобилизации.

Другие факторы также учитываются в модели, но их влияние ниже (технологический прогресс в ДВС), более опосредованно (например, для факторов, связанных с темпами роста экономики и населения), или масштаб меньше (использование СУГ<sup>16</sup>, КПГ, СПГ или водорода). Поэтому в сценариях рассматривается только влияние ЭМ. А по остальным сценарным параметрам принят единый базовый сценарий, соответствующий наиболее вероятному развитию (используются прогноз населения ООН [68] и прогнозы роста ВВП от Всемирного банка [69] и МВФ [70], оценка динамик удельных расходов топлива от МЭА и других организаций).

Для этого, сначала необходимо собрать официальную статистику по потреблению нефтепродуктов на ретроспективном периоде в мире в целом и автомобильным транспортом в частности. Эти данные предоставляет МЭА. Это необходимо для оценки доли автомобильного транспорта в общем объеме потребления нефтепродуктов на историческом периоде.

Далее нам нужно провести расчеты по потреблению нефтепродуктов автомобильным транспортом на ретроспективном периоде, чтобы отнормировать нашу модель в соответствии с фактическим потреблением, что позволит получить более точные прогнозные результаты. Для этого понадобится собрать данные об автопарке, с учетом того, что разные типы автомобилей

70

 $<sup>^{16}</sup>$  СУГ - сжиженный углеводородный газ, КПГ - компримированный природный газ, СПГ - сжиженный природный газ

(легковые и грузовые) имеют разные типы двигателей (бензиновый, дизельный и электрический), удельные расходы топлива и пробеги. Благодаря подбору значений удельных расходов и пробегов на ретроспективе, мы приводим эти данные в соответствие с официальной статистикой.

Далее, нам требуется понять какой набор стран будет оптимальным для того, чтобы получить достаточно полную оценку электромобилизации в мире. Для этого были проанализированы данные статистики (раздел 1.3.1) и получено, что наиболее полно и при этом лаконично подходят следующие страны и регионы: это Китай, Европа (ЕС27 + ЕАСТ<sup>17</sup>) и США. Все прочие страны были взяты единым агрегатом. Просуммировав данные по этим регионам, мы можем получить общемировые автопарки и потребление ими нефтепродуктов.

Для того, чтобы прогнозировать структуру будущих автопарков, нам необходимо сделать прогнозы продаж для каждой выбранной страны или региона, с учетом их специфики. Также важно учитывать долю выбытия старых машин, которая должна задаваться для каждого региона отдельно.

Все это позволит нам прогнозировать то, как будут выглядеть энергетические рынки в ближайшем будущем в зависимости от сценариев по электромобилизации.

Горизонт прогноза определен, как 2050 год.

Перейдем к описанию, того, как устроена модель.

### 2.1.2. Схема и структура модели

Прогнозная модель устроена следующим образом:

Как уже было сказано выше, исследуется три ключевых, с точки зрения развития электромобилей, региона: США, Европа, Китай. Оставшиеся страны объединены как прочие. Данные по миру в целом равны сумме по всем рассматриваемым регионам.

Автопарк (A) каждого региона делится на три типа — легковые (Л), легкие коммерческие (ЛК) и тяжелые коммерческие (ТК) автомобили (рис. 2.1)<sup>18</sup>. Каждый из типов, в свою очередь, разделен на дизельные (ДТ), бензиновые (Б) и электрические (ЭМ) автомобили. Это делается для всех стран и регионов, даже если какого-то типа автомобилей в них мало.

На всем ретроспективном периоде для каждого региона (рынка) и каждого типа двигателей определяется (на основе публикаций, специализированных исследований или

<sup>&</sup>lt;sup>17</sup> Европейская ассоциация свободной торговли - Исландия, Лихтенштейн, Норвегия и Швейцария

<sup>&</sup>lt;sup>18</sup> Легковые автомобили – вес до 3,5 т; легкие коммерческие автомобили – также до 3,5 т, включают пикапы, фургоны и трехколесные транспортные средства; тяжелые коммерческие автомобили – вес более 3,5 т.

экспертно задается) годовой пробег (П) и удельные расходы топлива/энергии (УР). Эти два параметра взаимосвязаны.

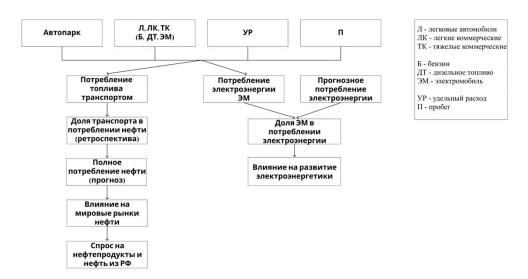


Рисунок 2.1 – Блок-схема модели

На ретроспективном периоде модель настраивается так, чтобы пробеги и удельные расходы оказались согласованными как в динамике внутри одной страны, так и при сопоставлении стран между собой. В качестве примера можно привести США, где из-за неразвитости общественного транспорта И неэффективной транспортной возможность добраться до большинства пунктов назначения без автомобиля практически отсутствует. Все это приводит к гораздо большим средним пробегам, чем в Европе и Китае [71]. Кроме этого, в США значительно хуже топливная эффективность, из-за высокой доли грузовиков и пикапов в парке личных автомобилей [72], а также существенная доля коммерческого транспорта имеет бензиновые двигатели. И такую специфику необходимо выявить по каждому исследуемому региону, для получения максимально приближенных к реальности результатов.

Ниже (табл. 2.1.) показано, что использовалась в качестве источников данных для построения модели. Источники данных включают организации и базы данных, такие как OICA (Международная организация автопроизводителей), АСЕА (Европейская ассоциация автопроизводителей), Statista (платформа для статистики и исследований рынка), Transportation Energy Data Book (книга по энергетике транспорта), EV-volumes (платформа для данных об электромобилях), Автостат (российская аналитическая компания в сфере автомобильного

рынка), государственные статистические бюро различных стран (Росстат, Eurostat, National Bureau of Statistics of China), МЭА (Международное энергетическое агентство) и ЕІА (Агентство энергетической информации США).

Различные источники могут давать разные значения по интересующим нас параметрам. Это может быть вызвано разными методиками подсчета, поэтому важно найти такие данные, которые либо даются государственными статистическими бюро, либо авторитетными аналитическими агентствами или бюро. Также важно сверять данные с другими источниками для достижения максимальной точности прогнозных расчетов.

Таблица 2.1. Источники данных для построения модели.

Автопарк	Продажи	Пробеги	Удельные расходы	Потребление нефти и структура выпуска нефтепродуктов
OICA, ACEA, Statista, Transportation Energy Data Book (США) [73], EV- volumes, Автостат, государственные статистические бюро (Eurostat, National Bureau of Statistics of China)	OICA, Transportation Energy Data Book, ACEA, MAA, EV- volumes, BNEF	МЭА, Transportation Energy Data Book, Автостат, государственные статистические бюро (Eurostat, National Bureau of Statistics of China)	МЭА, Transportation Energy Data Book, государственные статистические бюро	МЭА, ЕІА, Росстат

### 1 блок

На первом этапе собирались данные по автопарку страны или региона, далее искались данные по удельным расходам и пробегам. После чего становится возможным получить данные по потреблению топлива (бензина, дизельного топлива, электроэнергии) в каждом году путем перемножения автопарка, пробега и удельного расхода топлива/энергии:

$$\sum_{i,j} (A_{ij} \cdot \Pi_{ij} \cdot yP_{ij}) =$$

Потребление топлива/электроэнергии автомобильным транспортом в стране/регионе, где i – тип транспорта (Л, ЛК, ТК); j – тип двигателя (ДТ, Б, ЭМ).

Разницы в организации расчетов потребления топлива на ретроспективе и на прогнозном периоде нет, но на ретроспективе у нас есть возможность сверить наши расчеты с данными, которые предоставляет МЭА, и отнормировать их благодаря настройке удельных расходов и пробегов, для получения более точного прогноза, как это уже говорилось выше.

На прогнозном периоде для каждого региона и типа автомобилей задавались выбытия части автопарка, на основе анализа возраста и среднего срока службы автомобилей. В среднем это около 5% для легковых автомобилей и 2,5% для грузовых автомобилей [75]. У ЭМ в начале прогнозного периода доля выбытия меньше, так как парк моложе, но постепенно эта доля растет по мере старения парка.

#### 2 блок

На втором этапе необходимо определить долю автотранспорта в общем потреблении нефти на историческом периоде. Тогда, отталкиваясь от этого соотношения на прогнозном периоде, можно рассчитать полное потребление нефти, в зависимости от сценариев развития автопарка. Здесь важно учитывать особенности нефтепереработки каждой страны и сложность ее перестройки. Предполагается, что в прогнозном периоде не будет инвестиций в перестройку НПЗ, а отрасль переработки нефти будет реагировать на изменение спроса на нефтепродукты через масштабирование производства и изменения экспорта или импорта нефтепродуктов (эта логика связана с нежеланием инвестировать в отрасль, роль которой резко сокращается [74]). Таким образом, результатом расчетов является сокращение потребления нефти и импорта нефтепродуктов в регионе при разных сценариях распространения электромобилей. Потребление нефтепродуктов не транспортным сектором задается отдельно для каждого региона, в зависимости от исторических трендов и внешних прогнозов. Но также учитывается то, что транспортный сектор является потребителем не только бензина и ДТ, но и, например, различного рода масел, что при реализации сценариев электромобилизации неизбежно приведет к выпадению спроса на них.

Для того, чтобы определить потребление электроэнергии электромобилями, проводится аналогичная процедура с учетом удельных расходов электроэнергии.

Далее, оценим воздействие ЭМ на энергосистему – рассчитаем долю ЭМ в совокупном прогнозном электропотреблении экономики (эти оценки общего потребления электроэнергии берутся из внешних прогнозов). По мере повышения этой доли дальнейшее расширение использования ЭМ может потребовать ввода новых электрогенерирующих мощностей или перестройки энергосистемы, позволяющей выровнять нагрузку на энергосистему внутри суток.

Такая перестройка может осуществляться на основе технологии передачи электроэнергии от машины в сеть (V2G) и использования возобновляемых источников энергии

(ВИЭ) [76]. Также снизить нагрузку на энергосистему может совместное использование беспилотных ЭМ [77; 78].

#### 2.1.3. Формирование прогнозных сценариев и прогноз

Перед тем, как сформировать собственные сценарные прогнозы развития электромобилизации в наших ключевых регионах и мире в целом, нужно понять, что в целом делают сценарии и какими основными свойствами они должны обладать.

Сценарные прогнозы используются для моделирования возможных будущих событий (в нашем случае электромобилизации автопарков) и оценки потенциальных последствий различных вариантов развития этих событий для принятия более информированных решений о том, как подготовиться к ним. Сценарные прогнозы должны быть основаны на анализе текущих тенденций, собранных данных и экспертных оценок. В нашем случае это базовый прогноз (подробнее в разделе 2.2.).

Далее происходит разработка альтернативных сценариев. Они должны строиться с учетом других предпосылок, давая возможность посмотреть на будущее под другим углом.

### 2.1.4. Использование результатов прогнозирования

Собрав данные об автопарках и доле электромобилей в этих автопарках, зная соотношение бензина и дизельного топлива в структуре потребления нефти и нефтепродуктов в исследуемых регионах и мире в целом, мы можем спрогнозировать потенциальное снижение спроса на нефть из России, зная данные о структуре и направлениях экспорта. То есть считается то, какую долю нефтепродуктов потребили бы ЭМ, если бы они были автомобилями с ДВС. Эта доля вычитается из данных по экспорту, таким образом мы получаем изменение нефтяных поставок в динамике.

Примерно половина всего экспорта России приходится на нефть и нефтепродукты, что делает такие оценки, пусть даже и приблизительные, крайне важными для государства в целом и профильных министерств в частности. Кроме этого, они могут служить полезным ориентиром для нефтяных компаний для изменения или корректировки стратегий развития. Перейдем к результатам расчетов.

# 2.2. Прогнозные сценарии развития рынка ЭМ и оценка возможного сокращения спроса на нефть и нефтепродукты

Предлагается три варианта расчетов для оценки будущих продаж электромобилей. Остановимся подробнее на каждом из них.

Первый сценарий называется базовым. Как было показано в 1 главе, ЭМ являются разрушающей или подрывной инновацией, которая развивается согласно диффузии инноваций. Логика базового сценария заключается в том, чтобы прогнозировать будущий рынок ЭМ исходя из этих предпосылок. Он ориентируется на текущие темпы роста продаж, достижение паритета цены электромобиля и автомобиля с ДВС [79] (ожидается во второй половине 2020-х) и объявленные ограничения на продажи неэкологичных транспортных средств. Ключевое допущение — что при достижении ценового паритета потребители начнут массово переключаться на электромобили, являющиеся более экономными с точки зрения эксплуатационных затрат потребителя (раздел 1.2.1 и 1.2.4.) [80].

Второй сценарий является оптимистичным вариантом первого сценария. В нем предполагается полное доминирование ЭМ среди продаж к 2050 году на всех рынках.

Третий сценарий является пессимистическим вариантом первого сценария. В нем предполагается, что ЭМ смогут достигнуть паритета стоимости без субсидий гораздо позже, чем сейчас ожидается, из-за чего будут популярны преимущественно в развитых странах. Прочие страны будут продолжать покупать автомобили с ДВС и/или неподключаемые гибриды (HEV).

Далее все 3 сценария сравниваются с объявленными планами по производству батарей в мире, анализируются возможные ограничения как со стороны производственных мощностей по батареям, так и со стороны сырья (эти два аспекта могут стать узкими местами в развитии ЭМ). Такие ограничения могут существенно замедлить внедрение электромобилей на отдельных рынках и мире в целом [81].

### 2.2.1. Результаты расчетов по базовому сценарию

Рассмотрим результаты расчетов по первому сценарию, сначала по миру в целом, потом по каждой стране/региону отдельно. В конце приведем сравнительный анализ полученных результатов с двумя альтернативными сценариями.

#### 2.2.1.1. Прогноз продаж, автопарка и потребления нефти в мире в целом

По первому сценарию, к 2050 г. доля электромобилей в продажах новых автомобилей в мире достигает 76%. Китай, Европа и США на прогнозном периоде до 2050 г. сохраняют лидирующие позиции на электромобильном рынке, все еще занимая более половины его общемирового объема (рис. 2.2), но в конце 2030-х гг. главными драйверами роста станут прочие страны, в первую очередь, развивающиеся.

К 2050 г. возможность купить автомобиль с ДВС будет ограничена как автопроизводителями, так и государственной политикой в большинстве стран мира. Как было показано в 1 главе, все крупнейшие автоконцерны перестают инвестировать в эту технологию, и во второй половине 2020-х годов электромобили могут достигнуть паритета цены с автомобилями с ДВС, при этом обладая достаточным запасом хода и плотностью общественных зарядных станций для комфортного использования практически в любых условиях. Этим обусловлена такая высокая доля ЭМ в 2050 г.

Безусловно, может возникнуть ситуация, в которой запреты будут отодвигаться или смягчаться, как это уже частично происходит [82], а автомобили с ДВС, не удовлетворяющие новому законодательству, будут массово перенаправляться в развивающиеся страны с относительно низким уровнем доходов или плохо развитой электроэнергетикой, не подходящей для электромобилей. В пессимистическом сценарии будет рассмотрено такое развитие событий.

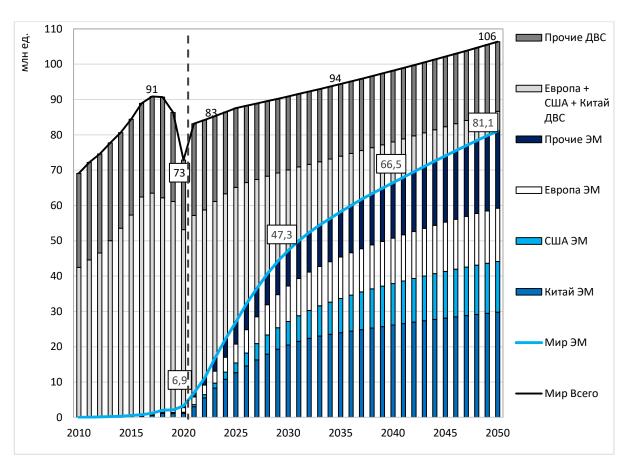


Рисунок 2.2 – Продажи автомобилей с ДВС и ЭМ в мире и по регионам с 2010 по 2020 гг. (факт) и с 2021 по 2050 гг. (прогноз по первому сценарию).

Источники: расчеты автора по данным МЭА, Eurostat, European Automobile Manufacturers' Association, Transportation Energy Data Book, National Bureau of Statistics of China.

По первому сценарию, автопарк мира к 2050 г. будет электрифицирован на 47%, что составит 1059 млн электромобилей (рис. 2.3). Суммарно в Европе, США и Китае будет 497 млн автомобилей с ДВС и 792 млн ЭМ (доля ЭМ – 61%). В прочих странах будет 692 млн автомобилей с ДВС и 266 млн ЭМ (доля ЭМ – 28%).

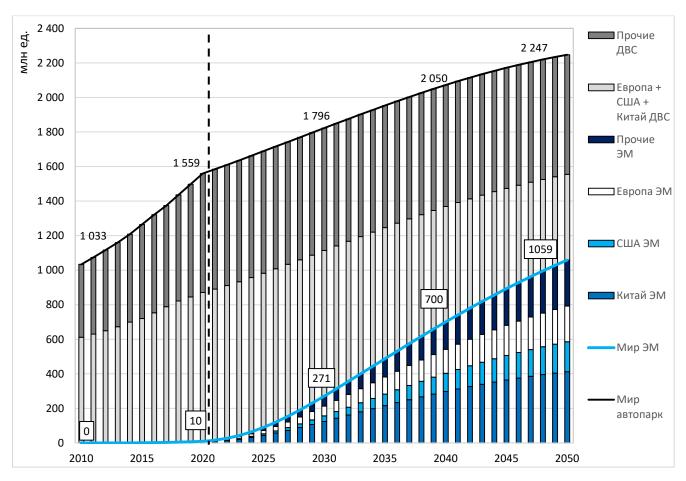


Рисунок 2.3 – Парк автомобилей с ДВС и ЭМ в мире и по регионам с 2010 по 2020 гг. (факт) и с 2021 по 2050 гг. (прогноз по первому сценарию):

Источники: расчеты автора по данным МЭА, Eurostat, European Automobile Manufacturers' Association, Transportation Energy Data Book, National Bureau of Statistics of China.

На историческом периоде в мире наблюдался рост потребления нефти с 3753 млн т в 2000 г. до локального пика в 4558 млн т в 2019 г. (рис. 2.4), после чего последовало падение 2020 г. до отметки в 4132 млн т.

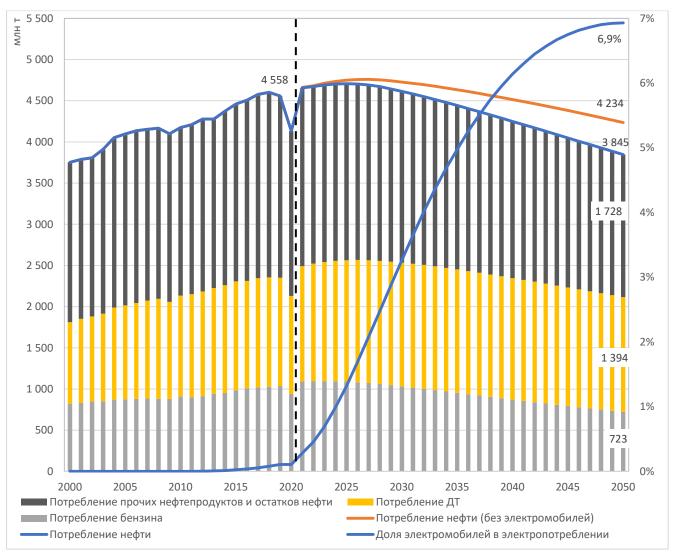


Рисунок 2.4 – Мировое потребление нефти с 2000 по 2020 гг. (факт) и с 2021 по 2050 гг. (прогноз по первому сценарию):

Источники: расчеты автора по данным: МЭА, EIA.

Примерно 73% всего дизельного топлива (ДТ) и почти 100% бензина потребляется транспортным сектором. Общее потребления бензина и ДТ составляет в среднем около 51% от всего потребления нефти и нефтепродуктов. В 2021 г. электромобили использовали 0,4% всей потребленной электроэнергии.

По нашим расчетам, в рамках представленной модели и сценариев пик мирового потребления нефти ожидается в 2025 г. и составит величину порядка 4707 млн т. К 2050 г. при реализации прогноза по парку электромобилей потребление нефти и нефтепродуктов составит 3845 млн т, что на 16% ниже уровня 2019 г. В основном это падение обеспечивается за счет бензина, так как в первую очередь электрифицируется легковой транспорт, потребление дизеля,

наоборот, даже растет на 17% за счет роста парка коммерческих автомобилей на развивающихся рынках. Потребление прочих нефтепродуктов падает медленнее рынка в целом (-14%), так как лишь частично зависит от транспортного сектора.

Для сравнения, если бы электромобилей не было, потребление нефти в 2050 г. составило бы 4234 млн т. (меньше пика из-за сокращения удельных расходов благодаря повышению эффективности ДВС и замещению в парке неэффективных автомобилей с ДВС на более эффективные). Электропотребление электромобилей стабильно растет и к 2050 г. составит 2689 ТВт-ч или 6,9% от общего прогнозного потребления.

#### 2.2.1.2. Китай

Продажи автомобилей в Китае активно росли почти на всем историческом периоде, с 2,1 млн ед. в 2000 году до пика в 27,9 млн ед. в 2017 году, после чего наблюдалось первое падение продаж, которое продолжалось до 2020 года (рис. 2.5).

В 2015 году начался активный рост продаж электромобилей, который продолжается до сих пор, в 2022 году доля ЭМ в продажах уже составила 22% от общего объема продаж автомобилей в Китае.

На прогнозном периоде ожидается дальнейший поступательный рост доли ЭМ в продажах, в первую очередь среди легковых и легких коммерческих ЭМ, а далее и в тяжелых грузовых ЭМ.

По прогнозу к 2030 году ЭМ займут 77% от всех продаж, а к 2050 году 96%. Оставшаяся доля автомобилей с ДВС будет практически полностью среди коммерческих автомобилей.

Также, на прогнозном периоде, Китай остается главным автомобильным рынком мира. Ставка на ЭМ, сделанная китайским правительством, уже сейчас дает очень хорошие результаты, и с большой вероятностью, даже при отмене субсидий, этот процесс уже не остановить.

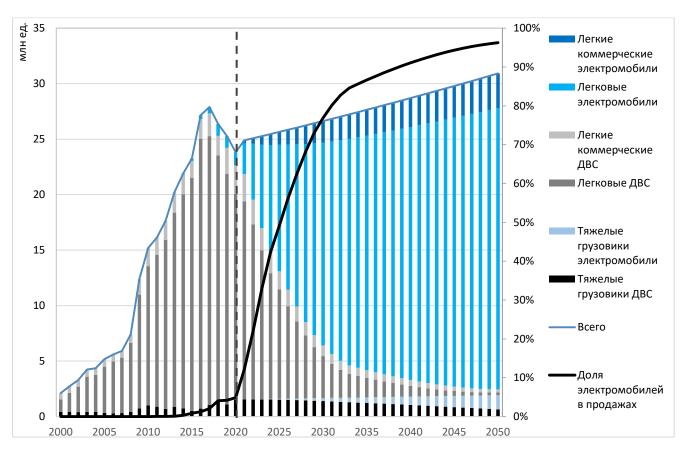


Рисунок 2.5 – Продажи автомобилей с ДВС и ЭМ в Китае с 2010 по 2020 гг. (факт) и с 2021 по 2050 гг. (прогноз по первому сценарию).

Источник: расчеты автора по данным National Bureau of Statistics of China.

На историческом периоде китайские автопарк вырос с 19 млн ед. в 2000 году до 282 млн в 2020 году, то есть более, чем в 14 раз (рис. 2.6).

Автопарк преимущественно представлен легковыми бензиновыми (90%) и дизельными автомобиля, с небольшой долей легкого и тяжелого коммерческого транспорта, преимущественно на дизельных двигателях.

На прогнозном периоде, электромобили постепенно начинают вытеснять автомобили с ДВС, в первую очередь легковые, и к 2050 году доля ЭМ в парке достигает 71%. Доля выбытия автомобилей с ДВС около 4%. Электромобили в начале прогнозного периода почти не выбывают, постепенно приближаясь к уровню ДВС к 2040 году.

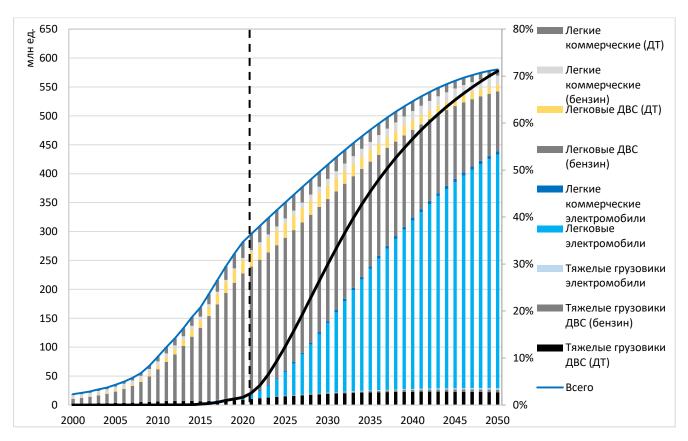


Рисунок 2.6 – Парк автомобилей с ДВС и ЭМ в Китае с 2010 по 2020 гг. (факт) и с 2021 по 2050 гг. (прогноз по первому сценарию).

Источник: National Bureau of Statistics of China.

Потребление нефти в Китае также активно росло с 214 млн тонн в 2000 году до 683 млн тонн в 2020 году (рис. 2.7). Около 42% в потребление нефти занимали бензин и дизельное топливо.

По прогнозу, пик потребления нефти в Китае наступит в 2028 году, после чего спрос будет планомерно падать до 2050 года, когда он составит 588 млн тонн. Если сценарий электромобилизации по каким-то причинам не реализуется, спрос на нефтепродукты составит 607 млн тонн. Такая небольшая разница обусловлена высоким потреблением прочих нефтепродуктов и снижением удельных расходов традиционных автомобилей, за счет относительно молодого парка.

Спрос на электроэнергию со стороны ЭМ также растет пропорционально росту парку и к 2050 году составит около 10% от общего электропотребления.

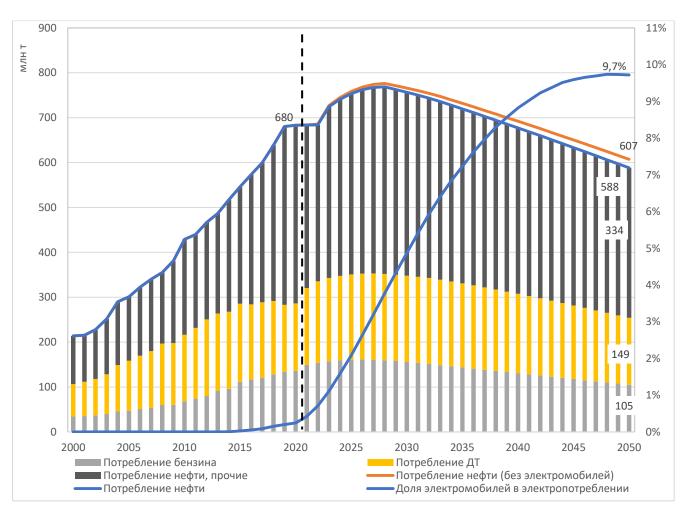


Рисунок 2.7 – Потребление нефти в Китае с 2000 по 2020 гг. (факт) и с 2021 по 2050 гг. (прогноз по первому сценарию).

Источник: расчеты автора по данным МЭА

# **2.2.1.3.** Европа<sup>19</sup>

Продажи автомобилей в Европе давно вышли на некоторое плато в районе 16 млн ед. (рис. 2.8). В кризисные годы 2007-2013 гг. продажи падали до 14 млн ед., после чего активно росли до пика в 18,3 млн ед. в 2019 году.

В 2020 году продажи автомобилей резко просели из-за коронавирусного кризиса, при этом продажи ЭМ не только не просели, но и показали внушительный рост заняв около 10% всего рынка.

На прогнозном периоде ожидается дальнейшее активное внедрение ЭМ, так как на большинстве европейских рынков в 2025-2040 гг. планируется вводить запреты на продажу

<sup>&</sup>lt;sup>19</sup> Страны ЕС + Великобритания, Норвегия, Швейцария и Исландия

автомобилей с ДВС [41]. К 2050 году ЭМ займут более 90% всех продаж. Выбытие автомобилей с ДВС равнялось около 5%, а ЭМ растут с 3% до 4,5% в 2050 году.

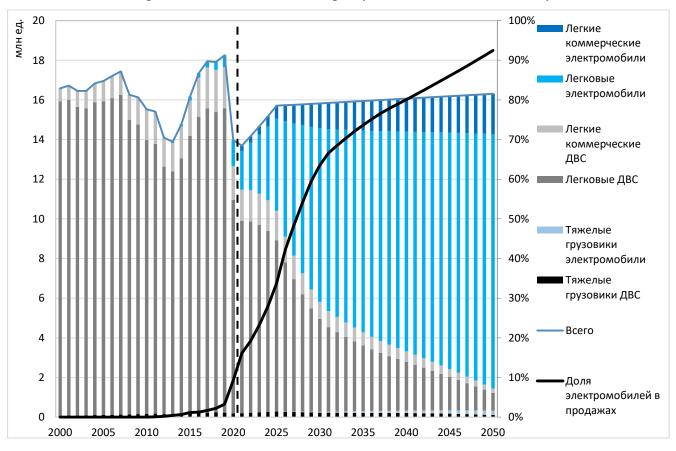


Рисунок 2.8 – Продажи автомобилей с ДВС и ЭМ в Европе с 2010 по 2020 гг. (факт) и с 2021 по 2050 гг. (прогноз по первому сценарию).

Источники: расчеты автора по данным Eurostat, European Automobile Manufacturers' Association.

На прогнозном периоде европейский автопарк был представлен большим количеством как бензиновых, так и дизельных легковых автомобилей, в пике доля дизеля достигала 46%, но после дизельного скандала в 2015 году [83], продажи дизельных автомобилей начало сокращаться, и европейские автопроизводители стали переключаться на разработку ЭМ, чтобы не потерять рынки и восстановить репутацию (рис. 2.9).

Среди коммерческих автомобилей в Европе абсолютное большинство занимают дизельные автомобили.

На прогнозном периоде все еще остается много автомобилей с ДВС, но к 2050 году доля ЭМ составит 59%.

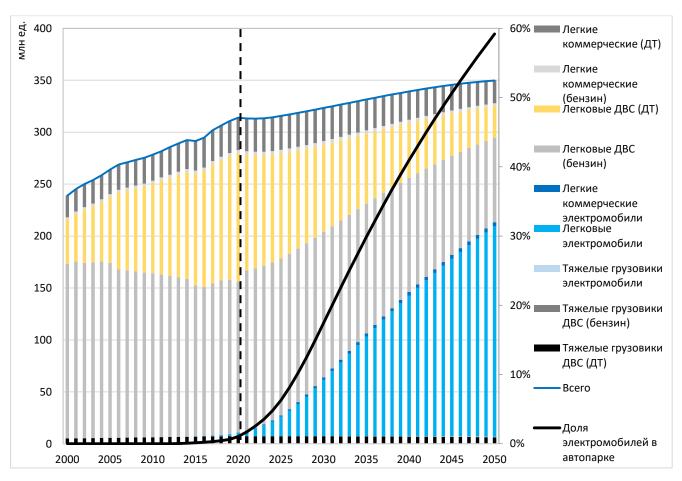


Рисунок 2.9 – Парк автомобилей с ДВС и ЭМ в Европе с 2010 по 2020 гг. (факт) и с 2021 по 2050 гг. (прогноз по первому сценарию).

Источники: расчеты автора по данным Eurostat, European Automobile Manufacturers' Association.

Потребление нефтепродуктов в Европе планомерно падает с 2006 года, когда оно составляло 748 млн тонн (рис. 2.10). Сейчас Европа потребляет около 630 млн тонн, и ожидается, что к 2050 году, при реализации базового сценария спрос может упасть до 400 млн тонн. Если же представить, что электромобилизации не было бы вовсе, то есть было только дальнейшее улучшение ДВС, и не подключаемых гибридов, то спрос составил бы около 480 млн тонн.

Доля электромобилей в электропотребление вырастет до 14,5%, что является существенной величиной, и потребует интеграции систем ВИЭ и ЭМ, как единой системы смарт грид [84], либо строительства новых мощностей.

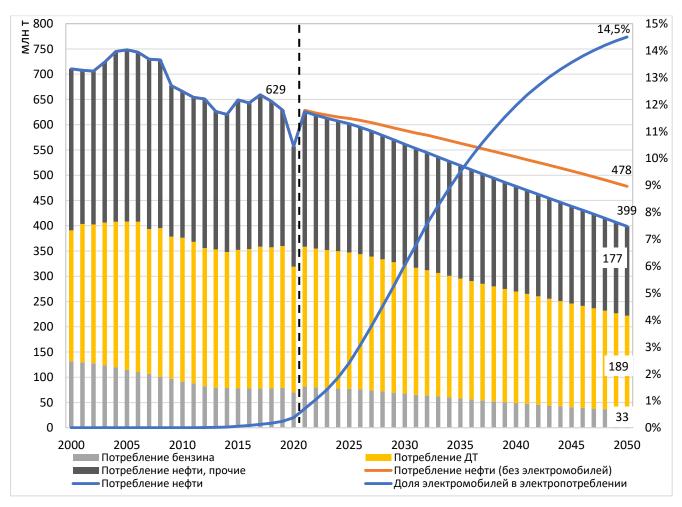


Рисунок 2.10 – Потребление нефти в Европе с 2000 по 2020 гг. (факт) и с 2021 по 2050 гг. (прогноз по первому сценарию).

Источник: расчеты автора по данным МЭА

Анализ по США и прочим странам приведен в Приложение 2.

# 2.2.1.4. Анализ результатов базового сценария

Результаты прогноза по базовому сценарию показывают, что Китай, Европа и США остаются лидирующими рынками электромобилей, при этом значительный рост доли электромобилей в продажах ожидается во всех регионах. Главным драйвером роста остается Китай, где доля электромобилей в продажах превысит 95% в 2050 году. В Европе и США также прогнозируется высокая доля электромобилей в продажах, превышающая 80% к 2050 году. В прочих странах доля ЭМ в продажах превысит 50% в 2050 году, адаптация будет происходить медленнее, чем на ключевых рынках и с некоторым запозданием. Какое-то время даже может наблюдаться всплеск продаж автомобилей с ДВС, например в года, когда будет непосредственно вводиться запрет на продажу таких автомобилей на развитых рынках.

Автопарк также будет активно электрифицироваться. В этом сценарии автопарк Китая будет электрифицирован на 71% к 2050 году, Европы на 59% и США на 48%. В прочих странах переход на электромобили пройдет медленнее и автопарк к 2050 году будет электрифицирован на 33%. Для прочих стран эта все равно крайне существенная доля, которая во многом будет обеспечена за счет рынков, находящихся в начальной стадии своего развития, с низким насыщением рынка. Многие потребители в качестве первой своей машины будут выбирать электромобили, будь то гибриды или чистые электромобили. Это можно сравнить с развитием финансовых услуг и методов платежа в Китае и африканских странах, когда они сразу перешли к последним доступным технологиям [85-87], пропустив все старые (чеки, кредитные карты с магнитной лентой и т.д.).

Внедрение электромобилей сыграет ключевую роль в снижение потребления нефтепродуктов во всех рассматриваемых регионах к 2050 году. Сокращение спроса на нефть к 2050 году относительно 2019 года в Китае, Европе и США составит 14%, 37% и 33% соответственно.

Рост доли электромобилей в автопарке также приведет к увеличению потребления электроэнергии. Так, по расчетам доля электромобилей в общем электропотреблении составит значительную величину, колеблющуюся от 3,0% в прочих странах до 14,5% в Европе.

Результаты прогноза позволяют сделать вывод о том, что предстоящая электромобилизации в мире кардинально поменяет автопарки во всех странах мира и приведет к существенному снижению потребления нефтепродуктов и увеличению потребления электроэнергии.

Далее посмотрим, как потенциальный дефицит батарей может помешать воплощению базового прогноза.

#### 2.2.1.5. Сравнение результатов базового сценария с альтернативными сценариями

Выше были представлены результаты базового сценария, который мы считаем наиболее вероятным. Несмотря на это, важно рассмотреть альтернативные сценарии, основанные на других гипотезах развития рынка ЭМ.

Рассмотрим два таких сценария, оптимистичный и пессимистичный. В оптимистичном сценарии предполагается, что ЭМ достаточно рано достигают паритета стоимости с автомобилями с ДВС без субсидий и в дальнейшем становятся существенно дешевле, как в покупке, так и в эксплуатации. Проблемы долгой зарядки, небольшого запаса хода,

эксплуатации в экстремальных погодных условиях решены. По сути, ЭМ побеждают в конкуренции за автомобильный рынок без необходимости запретов.

Пессимистичный сценарий, наоборот, предполагает, что если паритет стоимости и будет достигнут, то значительно позже, чем сейчас ожидается. Также все другие проблемы, которые присущи ЭМ сохранятся. В итоге почти все продажи будут сосредоточены в развитых странах, которые смогут себе позволить продолжать программу субсидирования достаточно долго, параллельно вводя запреты на использование автомобилей с ДВС, тем самым вынуждая потребителей пересаживаться на ЭМ.

Ниже представлены графики продаж автомобилей с ДВС в 3 сценариях (рис. 2.11). Как видно из графика в базовом сценарии продажи традиционных автомобилей постепенно падают, но все же занимают существенную долю в 2050 году, в оптимистичном же сценарии продажи падают практически до нуля, а в пессимистичном после насыщения на развитых рынках стабилизируются в районе 45 млн единиц ежегодных продаж в 2050 году.

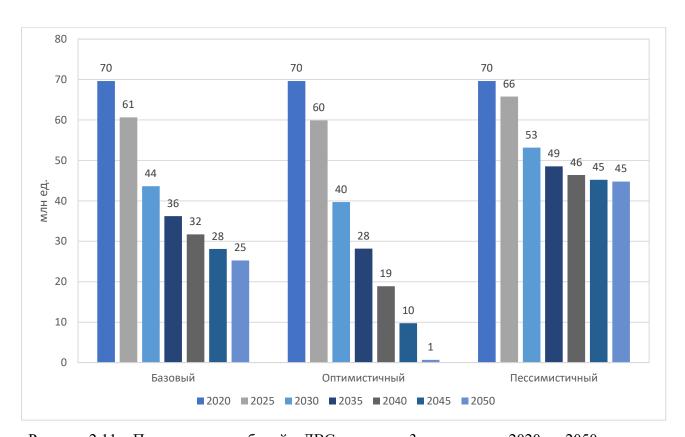


Рисунок 2.11 – Продажи автомобилей с ДВС в мире по 3 сценариям с 2020 по 2050 гг., млн ед. Источники: расчеты автора по данным МЭА, Eurostat, European Automobile Manufacturers' Association, Transportation Energy Data Book, National Bureau of Statistics of China.

Продажи ЭМ в базовом сценарии планомерно растут и достигают 81 млн единиц в 2050 году (рис. 2.12). В оптимистичном сценарии продажи ЭМ растут существенно быстрее базового сценария и занимают почти 100% или 106 млн единиц в 2050 году. В пессимистичном сценарии рост рынка ЭМ замедляется после 2030-х годов и выходит на уровень 62 млн или 58% к 2050 году.

Для сравнения, МЭА прогнозирует продажи ЭМ в 40-45 млн или 30-35% в 2030 году. В сценарии Net Zero продажи должны достичь почти 75 млн единиц. Блумберг прогнозирует продажи около 27 млн ЭМ в 2026 году и около 73 млн в 2040 году.

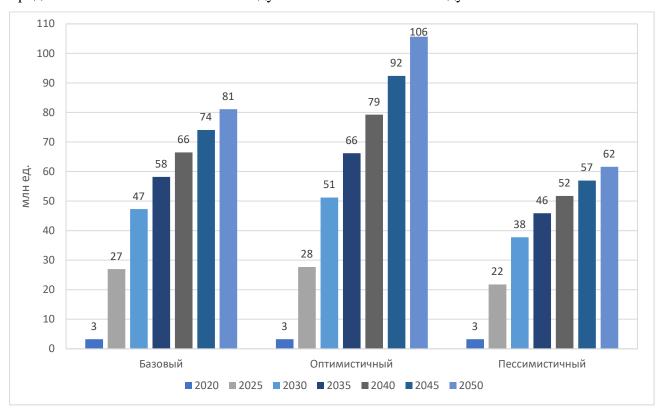


Рисунок 2.12 – Продажи ЭМ в мире по 3 сценариям с 2020 по 2050 гг., млн ед.

Парк автомобилей с ДВС падает во всех трех сценариях (рис. 2.13), но с разной скоростью. Быстрее всего парк ДВС падает в оптимистичном сценарии и достигает отметки в 924 млн автомобилей или около 40% в 2050 году. Это на 265 и 460 млн автомобилей с ДВС меньше, чем в базовом и пессимистичном сценариях соответственно.

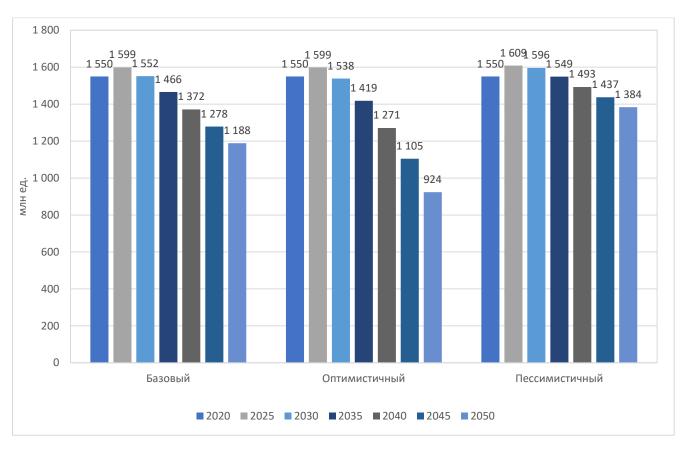


Рисунок 2.13 – Парк автомобилей с ДВС в мире по 3 сценариям с 2020 по 2050 гг., млн ед.

Парк ЭМ в базовом сценарии планомерно растет с10 млн в 2020 году до 1059 млн в 2050 году (рис. 2.14). Наибольшие темпы роста наблюдаются до 2040 года, с постепенным замедлением. В оптимистичном сценарии ЭМ растут значительно быстрее, достигая 1422 млн единиц к 2050 году, что на 34% больше базового сценария. В пессимистичном сценарии в мире к 2050 году будет 930 млн ЭМ.

Для сравнения МЭА прогнозирует парк в 240-250 млн или около 10% ЭМ в 2030 году. В сценарии Net Zero парк достигает размеров в 380 млн единиц или 40% в 2030 году. По данным Блумберг парк ЭМ достигнет 730 млн в 2040 году

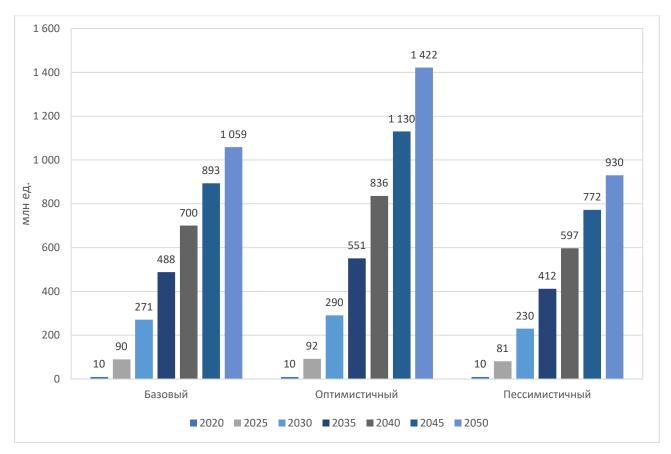


Рисунок 2.14 – Парк ЭМ в мире по 3 сценариям с 2020 по 2050 гг., млн ед.

Перейдем к анализу потребления нефти (рис. 2.15). Как видно из графика, в базовом сценарии потребление нефти стабильно падает, начиная с 2025 года, с пиков в 4707 млн т до 3845 млн т в 2050 году. В оптимистичном сценарии потребление нефти упадет до 3328 млн т или на 517 млн больше, чем в базовом сценарии. В пессимистичном сценарии потребление нефти даже вырастет по сравнению с 2020 годом до 4218 млн т или на 373 млн т больше, чем в базовом сценарии. По данным Блумберг пик потребления нефти транспортом ожидается в 2027 году.

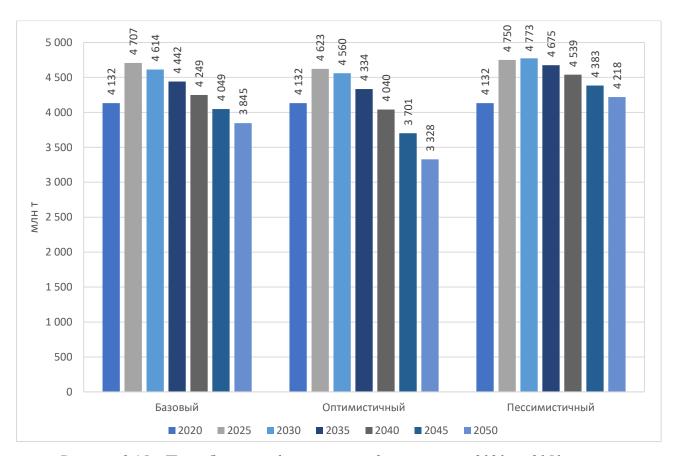


Рисунок 2.15 – Потребление нефти в мире по 3 сценариям с 2020 по 2050 гг., млн т.

Ниже представлено сравнение доли потребления электроэнергии ЭМ в 3 сценариях (рис. 2.15). В базовом сценарии в 2050 году ЭМ будут потреблять около 7% всей электроэнергии в мире, в оптимистичном более 8%, а в пессимистичном около 5%. То есть, мы видим, что даже при оптимистичном сценарии доля ЭМ в электропотребление не превысит 10%, что, учитывая постепенный характер внедрения ЭМ, не должно оказать существенного влияния на энергосистему.

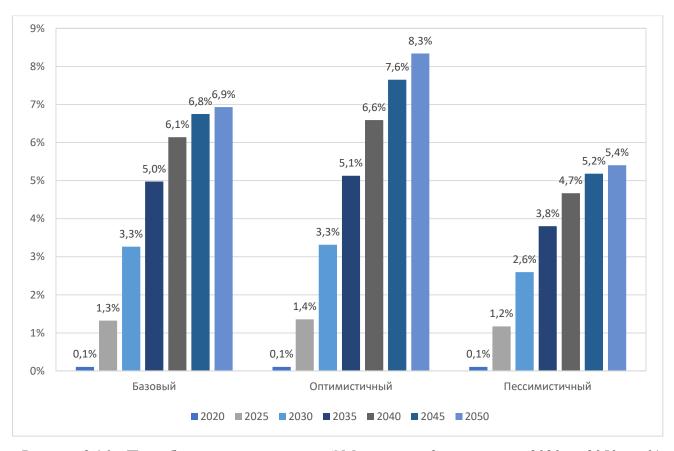


Рисунок 2.16 – Потребление электроэнергии ЭМ в мире по 3 сценариям с 2020 по 2050 гг., %.

Далее посмотрим, какие риски существуют перед реализацией данных сценариев, со стороны потенциальной нехватки батарей или ключевых металлов, необходимых для их производства.

# 2.2.2. Сравнению сценариев развития электромобилизации с объявленными планами по батарейным мощностям

По данным МЭА [41] в 2030 г. мощности по производству батарей составят 6790 ГВт.ч (4,3 раза больше, чем в 2022 г.), а в 2050 г., по нашим оценкам, могут составить уже около 14000 ГВт.ч в году (8,7 раз больше, чем в 2020 г.). Китай продолжит доминировать на этом рынке, занимая долю около 70%. На США придется 15%. ЕС займет долю в 11% мирового рынка в 2030 году, увеличив свои мощности почти в 6 раз с 130 ГВт.ч до 770 ГВт.ч (рис. 2.17).

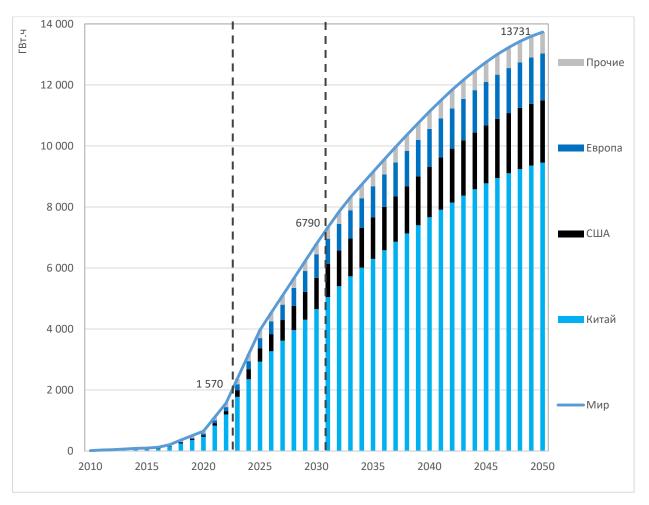


Рисунок 2.17 – Прогноз мощностей по производству батарей в разных регионах мира до 2050 года, ГВт.ч

Источники: расчеты автора по данным МЭА.

В целом к 2030 году во всем мире планируется построить 65 новых гигафабрик со средней производственной мощностью 25 ГВт.ч. Существует тенденция к увеличению размеров гигафабрик, в некоторых случаях достигая 100 ГВт.ч. Стоимость одной фабрики мощностью 25 ГВт.ч (400-500 тыс. ЭМ в год) составляет около 5 млрд долл. США.

По прогнозу BNEF около 80% прогнозируемых мощностей направлены на производство ЭМ [88]. Среднестатистический легковой ЭМ имеет батарею емкостью около 60 кВт·ч [89], а тяжелые коммерческие ЭМ имеют значительно большую батарею, которая может превышать 900 кВт·ч. Соответственно, на основе базового сценария по структуре парка ЭМ и при 80%-ной загрузке общих мощностей по производству батарей на производство ЭМ, в 2030 г. может быть произведено почти 64 млн среднестатистических электромобилей, а в 2050 г. – уже более 104 млн (рис. 2.18).

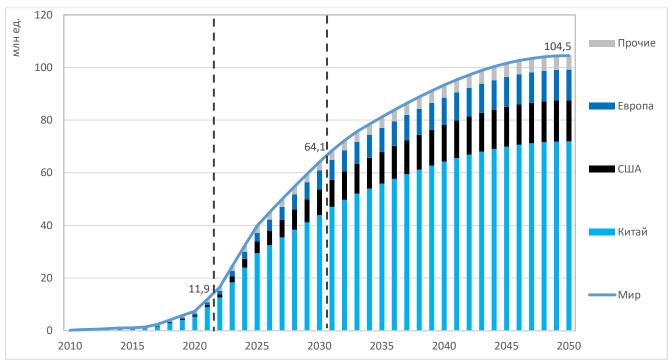


Рисунок 2.18 – Прогноз мощностей по производству ЭМ в разных регионах мира до 2050 года, млн ед.

Источники: расчеты автора по данным: BloombergNEF, McKinsey.

Теперь сравним эти данные с нашими сценариями по электромобилизации. Выходит, что, если планы по батарейным мощностям будут реализованы в полной мере, батарей будет достаточно даже в самом оптимистичном сценарии, который предполагает полный переход на ЭМ (рис. 2.19). Остается лишь вопрос, куда пойдут все лишние батареи. Скорее всего некоторая часть мощностей не будет построена, некоторая будет построена с задержкой, и будет работать с загрузкой сильно ниже 85%. Также, часть батарейных мощностей может быть направлена на создание систем хранения электроэнергии, выработанной с помощью ВИЭ.

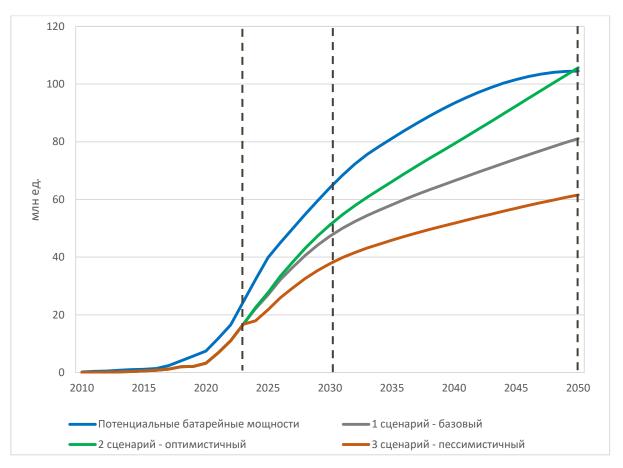


Рисунок 2.19 — Оценка потенциальных мощностей по выпуску электромобилей, сравнение с сценариями по электромобилизации.

Источники: расчеты автора по данным: BloombergNEF, McKinsey, МЭА.

Также стоит отметить, что большая часть батарей будет перерабатываться, что создаст дополнительное предложение. На данный момент в среднем возможно утилизировать около половины отработанных литий-ионных батарей [90]. Но обычно после завершения срока службы в ЭМ, который составляет около 17 лет [91], батареи могут использоваться в системах бесперебойного питания еще от семи до десяти лет [92].

### 2.2.3. Потенциальный дефицит ключевых металлов

Как было показано в разделе выше, растущий спрос на аккумуляторы создает повышенный спрос на ключевые металлы для их производства, литий, никель и кобальт. Несмотря на рост производства на 180% с 2017 г., спрос на литий превысил предложение в 2022 г., как и в 2021 г. [41]. Около 60% спроса на литий, 30% кобальта и 10% никеля в 2022 году приходилось на аккумуляторы для электромобилей по сравнению с 15%, 10% и 2% соответственно в 2017 году.

Доминирующим химическим составом аккумуляторов в 2022 году по-прежнему оставался литий-никель-марганцево-кобальтовый оксид (NMC) с долей рынка 60%, за которым следовали литий-железо-фосфат (LFP) с долей чуть менее 30% и никель-кобальт-алюминиевый оксид (NCA) с долей около 8% (рис. 2.20).

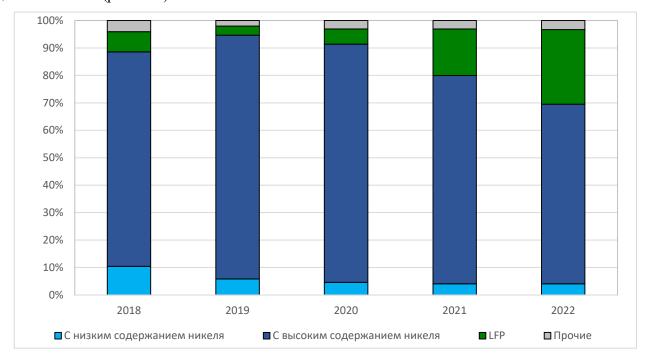


Рисунок 2.20 — Емкость аккумуляторов легковых электромобилей по химическому составу,  $2018-2022 \, {\rm rr}^{20}.$ 

Источник: Global EV Outlook 2023

Лидерство LFP батарей было достигнуто в 2022 году, в основном благодаря предпочтениям китайских производителей аккумуляторов и электромобилей, в первую очередь компанией BYD, которая обеспечивает 50% всего спроса на батареи LFP, на компанию Tesla приходится еще 15%. Tesla увеличила долю батарей LFP с 20% в 2021 году до 30% в 2022 году. Аккумуляторы LFP уникальны тем, что в них используется железо и фосфор, которые менее дороги и более распространены, чем никель, марганец и кобальт, содержащиеся в других химических элементах аккумуляторов.

Средний электромобиль с аккумуляторной батареей на 60 кВт.ч содержит около 6,4 кг лития, 21,6 кг никеля и 6,3 кг кобальта в 2022 году (рис. 2.21). Также катод аккумуляторной батареи

 $<sup>^{20}</sup>$  LFP = литий-железо-фосфат. Низкое содержание никеля включает: NMC333. Высокое содержание никеля включает: NMC532, NMC622, NMC721, NMC811, NCA и NMCA.

электромобиля содержит много других элементов, но поскольку они не так дефицитны и важны, как литий, никель и кобальт, мы не будем заострять на них внимание в данном исследовании.

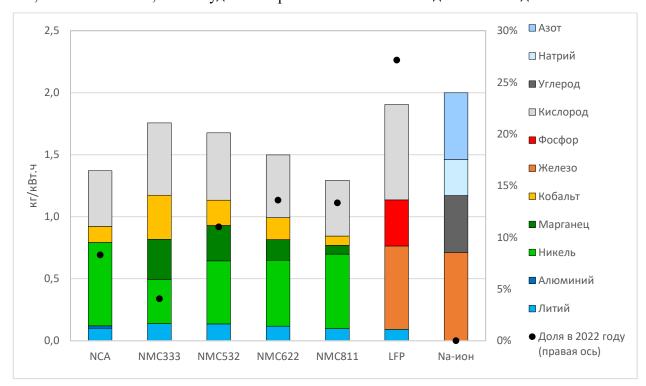


Рисунок 2.21 – Содержание материала в различных катодах<sup>21</sup>.

Источник: Global EV Outlook 2023

Для удовлетворения прогнозируемых мощностей по производству аккумуляторов (рис. 2.22) к 2030 году потребуется 718 тыс. тонн лития, 2,4 млн тонн никеля и 710 тыс. тонн кобальта (рис. 2.16). В 2050 году потребуется 1,5 млн тонн лития, 4,9 млн тонн никеля и 1,4 млн тонн кобальта.

Учитывая, что на аккумуляторы будет приходиться около 90% всех мощностей по производству лития, общий объем производства должен достичь 800 тыс. т к 2030 г. и 1,6 млн т к 2050 г. Это значительно превышает прошлогоднее производство в 130 тыс. т в эквиваленте карбоната лития [93].

Учитывая, что на аккумуляторы будет приходиться около 11% всех мощностей по производству никеля, при ежегодном росте доли на  $0.5\%^{22}$ , общий объем производства к 2030 г. должен составить 16.2 млн т, а к 2050 г. — 19.6 млн т. В 2022 г. было произведено 3.3 млн т [94].

<sup>22</sup> Оценка автора

<sup>&</sup>lt;sup>21</sup> Nа-ион = ион натрия; LFP = фосфат лития-железа; NMC = оксид лития, никеля, марганца, кобальта; NCA = литий-никель-кобальт-алюминиевый оксид. Исключаются материалы, из которых состоит корпус батареи и электролит. Доля батареи NCA включает каждый тип NCA.

Учитывая, что аккумуляторы будут занимать около 65% всех мощностей по производству кобальта, с ежегодным ростом доли на 0,2%, общий объем производства должен достичь уровня 980 тыс. тонн к 2030 году и 2 млн тонн к 2050 году. В 2022 г. было произведено 190 тыс. т кобальта [95].

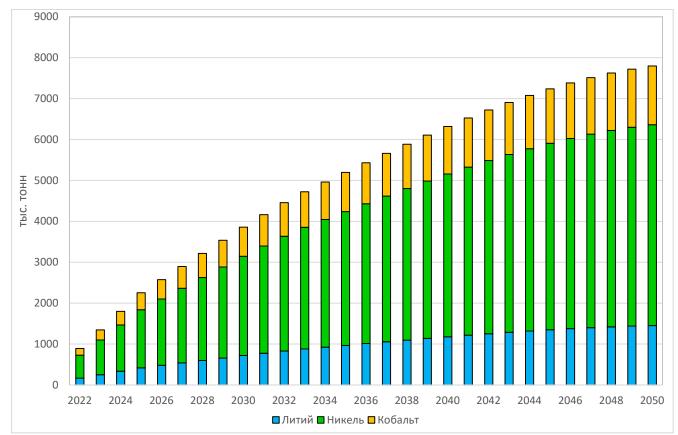


Рисунок 2.22 – Оценка потенциального спроса на металл от прогнозируемой мощности производства аккумуляторов, 2022-2050 гг., тыс. тонн.

Источник: расчеты автора на основе Global EV Outlook 2023

В результате при сохранении существующей структуры аккумуляторной химии (рис. 2.20) спрос на литий и кобальт вырастет к 2050 г. в 9 и 8 раз соответственно по сравнению с 2022 г., а спрос на никель вырастет в 4 раза.

Такой рост спроса потребует больших дополнительных инвестиций в разведку и производство этих металлов, а также активную разработку новых химических составов аккумуляторов, которые в меньшей степени от них зависят.

Рост доли рынка катодов LFP [96] и объявление о развитии цепочки поставок натрий-ионных аккумуляторов CATL [97] являются важными событиями в этой области. Натрий-ионные аккумуляторы обладают такими преимуществами, как высокая плотность энергии, возможность быстрой зарядки, превосходная термическая стабильность и отличные характеристики при низких температурах. В условиях низкой температуры окружающей среды (-20°C) натрий-ионный

аккумулятор сохраняет более 90% емкости. По оценкам МЭА, доступность натрий-ионной технологии увеличилась с 3-4  $TRL^{23}$ , что означает экспериментальный уровень, до 6 трлн, что означает, что технология уже хорошо зарекомендовала себя в реальных условиях. А по последним данным, натрий-ионный аккумулятор будет запущен в массовое производство в течение этого года [99].

Еще одним решением для устойчивой цепочки поставок является развитие экономики замкнутого цикла для аккумуляторов. Этот подход включает повторное использование, восстановление и переработку аккумуляторов в конце срока их службы, что снижает потребность в сырье и сводит к минимуму количество отходов. Внедрение экономики замкнутого цикла требует четкого регулирования, учитывающей экономические, правовые и социальные аспекты производства и использования аккумуляторов.

Как уже говорилось выше (раздел 2.2.2.), на данный момент в среднем можно утилизировать около половины использованных литий-ионных аккумуляторов [90]. После окончания срока службы электромобилей (около 17 лет), аккумуляторы могут использоваться в системах бесперебойного питания еще 7-10 лет. То есть ожидаемый срок службы батарей при нормальном использовании может составлять около 25 лет. Таким образом, ожидается, что влияние вторичной переработки металлов на рынок аккумуляторов не станет значительным до 2040 года.

Россия, как один из крупнейших мировых производителей ключевых металлов может извлечь значительную выгоду из роста спроса на них для своей экономики, как за счет простой продажи первоначального сырья, так и за счет производства продуктов более высоких переделов, в первую очередь аккумуляторных батарей, о чем подробнее речь пойдет в 3 главе.

<sup>&</sup>lt;sup>23</sup> Technology Readiness Levels – степень готовности технологии, подробнее в [94]

# 2.3. Разработка мер экономической политики по реакции и адаптации российской экономики к изменениям спроса на нефть и нефтепродукты в связи с развитием ЭМ

### 2.3.1. Влияние электромобилизации на нефтяную отрасль России

В 2021 г. по данным ЦБ РФ Россия экспортировала 231,6 млн т сырой нефти на сумму 111 млрд долл. США (22% от всего экспорта), также Россия экспортировала 144,5 млн т нефтепродуктов на сумму 70 млрд долл. США (14% от всего экспорта) [100]. Вместе нефть и нефтепродукты составили 36% от всего экспорта.

Главные энергетические партнеры России в 2021 г. – это Китай и ЕС, на которые приходится почти 80% экспорта сырой нефти и около 60% экспорта нефтепродуктов, причем Китай больше импортирует сырую нефть, а ЕС – и то и другое. Именно на этих двух рынках сейчас наиболее активно происходит электромобилизация.

Отметим, но без анализа, что вторым фактором, который в кратко- и среднесрочной перспективе даже превосходит влияние ЭМ, являются санкции — как прямые ограничения поставок, так и косвенные (например, запрет страхования). При этом, несмотря на санкции ЕС, часть российских нефтепродуктов все равно попадает на территорию ЕС через третьи страны.

Даже после начала конфликта в Украине и введения санкций со стороны в том числе и европейских стран потоки в сторону Европы сократились, но не прекратились. И по оценкам на 2022 г. они сохранились на уровне 114 млн т и сократились лишь на 17%. Такое небольшое падение вызвано тем, что эмбарго на российскую нефть вступило в силу только в конце года [138] и основные его влияния мы увидим уже в 2023 и последующих годах. В дальнейшем это сокращение продолжится, но через посредников или другими способами не исчезнет, что мы уже можем наблюдать по первым итогам 2022 года [102].

Применим логику, описанную в разделе 2.1.4., чтобы посчитать потенциальное выпадение экспортных поставок в России до 2050 года. Электромобилизация в мире (в особенности в Европе и Китае) приведет к существенному падению спроса на нефтепродукты, а соответственно и сырую нефть, что неизбежно повлечет за собой структурные изменения в топливно-энергетическом комплексе России. При реализации базового сценария, российские экспортные поставки могут снизиться относительно уровня 2022 г. на 8% к 2030 г., на 19% к 2040 г. и на 26% к 2050 г. (рис. 2.23). При таком падение физических поставок, налоговые поступления от экспортных пошлин могут падать такими же темпами, но скорее всего это падение будет частично компенсироваться ростом самих пошлин, что в свою очередь будет понижать рентабельность отрасли. Отметим, что анализ последствий и выработка рекомендаций по

налогово-бюджетной политике или оценка влияния на макроэкономическую ситуацию в экономике России находятся за пределами тематики данного исследования.

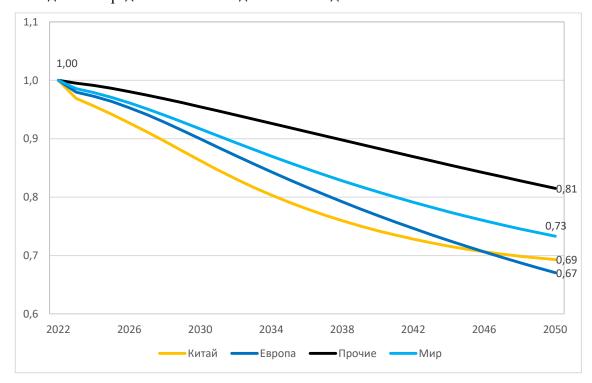


Рисунок 2.23 – Прогноз экспортных поставок нефти и нефтепродуктов из РФ по странам и регионам с 2020 по 2050 гг., относительно 2022 года, раз

Источник: расчеты автора на основе [103]

# 2.3.2. Предложения по реагированию на выбытие спроса на топливо

Поступления от экспорта углеводородов обеспечивают более 40% доходов федерального бюджета РФ [104] и являются источником не только для финансирования выполнения текущих задач государства, но и для формирования резервов. Чтобы предотвратить или сгладить эффекты выпадение этих доходов в будущем, необходимо уже сейчас начать принимать меры, которые могут потребовать перестройки нефтяной промышленности для того, чтобы сделать ее более гибкой и адаптивной [105-107]. Далее рассмотрим меры реакции и адаптации нефтяной отрасли России на электромобилизацию (схема представлена на рис. 2.24).

В базовом и пессимистичном сценариях электромобилизации ожидается, что развивающиеся страны продолжат предъявлять большой спрос на нефть и нефтепродукты. Соответственно, если вовремя перенаправить экспорт в эти страны, Россия сможет значительно снизить риски падения спроса на нефть на текущих ключевых рынках. Для этого необходимо диверсифицировать экспортные поставки по транспортно-логистическим направлениям

(например, подготовиться к сценариям ограничения использования Балтийского моря, или прохода через Босфор). Также не допускать чрезмерной концентрации на отдельных страновых рынках (например, поставки нефти и нефтепродуктов в Китай, Индию и Турцию в 2022 г.). Также следует разнообразить ассортимент продукции, который будет учитывать специфику новых рынков сбыта. Такая диверсификация поставок в страны, где спрос на нефтяное топливо будет сохраняться дольше, будет наименее затратной мерой для нефтяной отрасли и позволит выиграть время для более плавной адаптации отрасли к новым реалиям. И, как показывают события 2022 года, такое перенаправление может быть реализовано в достаточно сжатые сроки, пусть и с ценовым дисконтом. Представляется, что это может быть реализовано за 5-10 лет.

Важно также отметить, что необходимо расширять и диверсифицировать систему внешнеторговых расчетов при экспорте нефти нефтепродуктов из России. И это может быть одним из направлений мер по реакции и адаптации к изменению спроса на нефть и нефтепродукты, особенно в условиях реализовавшихся и будущих геополитических или прочих рисков. Однако, это находится за пределами темы исследования.



Рисунок 2.24 – Схема диверсификации и модернизации нефтяной отрасли России.

Кроме этого, часть текущих мощностей по нефтепереработке в России имеют потенциал для модернизации и переключения на производство нефтехимических продуктов. Путем внедрения новых технологий и обновления производственных линий российские нефтеперерабатывающие предприятия могут улучшить свою гибкость и адаптироваться к растущему спросу на нефтехимические продукты [108]. Переключение на нефтехимию также может иметь положительный экологический эффект, поскольку производство химических

соединений и материалов может быть более энергоэффективным и иметь меньший углеродный слел.

Производство нефтехимических продуктов имеет широкий спектр применений в различных отраслях, таких как пластиковая промышленность, производство удобрений, лекарственных препаратов, синтетических волокон и других товаров народного потребления [109].

Однако переключение на нефтехимию требует значительных инвестиций (десятки млрд долл. США [110]) в исследования и разработки, технологические инновации и развитие нефтехимической инфраструктуры. В этом контексте важно разработать поддерживающую политику и меры, направленные на привлечение инвестиций и стимулирование сотрудничества с международными партнерами.

Диверсификация в сторону возобновляемых источников энергии также предоставляет нефтяным компаниям новые возможности. Инвестирование в солнечные и ветровые электростанции позволяет им получить дополнительные источники дохода и участвовать в развитии зеленой энергетики. Мировые нефтяные гиганты уже много лет активно инвестируют существенную долю своих средств в ВИЭ [111, 112]. Но, все же, учитывая конъюнктуру российского энергетического рынка этот вариант малоперспективен.

Развитие сети электрозарядных станций является еще одним направлением, которое может помочь диверсифицировать бизнес нефтяных компаний. Они могут использовать свою распределенную сеть заправочных станций для создания инфраструктуры быстрой зарядки для электромобилей (подробнее в 3 главе).

Для ускорения процессов диверсификации, правительство может разработать и реализовать программы поддержки и обучения для работников нефтяной отрасли, чтобы помочь им переквалифицироваться и адаптироваться к изменениям в рыночной ситуации. Это может включать поддержку в получении новых навыков и знаний, создание рабочих мест в других секторах экономики и предоставление финансовых пособий в периоды перехода.

Структурные последствия для России также будут иметь место в автомобилестроении, чему посвящена 3 глава данной работы.

# Выводы по второй главе

Во второй главе представлена авторская модель, позволяющая прогнозировать потребление нефтепродуктов транспортным сектором и страной или регионом в целом. Модель учитывает особенности потребления и производства нефтепродуктов в каждом регионе, что позволяет прогнозировать будущее потребление энергоресурсов в зависимости от сценариев развития электромобилизации, а также изменения производства нефтепродуктов в связи с этим.

На базе этой модели разработаны и проанализированы три прогнозных сценария развития электромобилизации в мире в целом и ключевых регионах анализа. Первый сценарий называется базовым. Он ориентируется на текущие темпы роста продаж, достижение паритета цены электромобиля и автомобиля с ДВС и объявленные ограничения на продажи неэкологичных транспортных средств. Второй сценарий — оптимистичный, в нем предполагается полное доминирование ЭМ среди продаж к 2050 году на всех рынках. Третий сценарий — пессимистический, в нем предполагается, что ЭМ смогут достигнуть паритета стоимости без субсидий гораздо позже, чем сейчас ожидается. Из-за этого будут популярны преимущественно в развитых странах и Китае, где на уровне государственных политик на них сделан упор в трансформации автопарка.

Также во второй главе приведено сравнение всех 3 сценариев с объявленными планами по производству батарей в мире, анализируются возможные ограничения как со стороны производственных мощностей по батареям, так и со стороны сырья.

В третьем параграфе второй главы анализируется влияние электромобилизации на нефтяную отрасль России. Показано, что при реализации базового сценария, российские экспортные поставки могут снизиться относительно уровня 2022 г. на 8% к 2030 г., на 19% к 2040 г. и на 26% к 2050 г.

Чтобы минимизировать негативные эффекты от электромобилизации, автором разработаны и предложены меры реакции и адаптации нефтяной отрасли России, заключающиеся в расширении географии и структуры поставок по странам и контрагентам, логистическим маршрутам и товарной номенклатуре. Также приведены рекомендации по развитию нефтехимической промышленности и созданию сети зарядных станций на базе существующей заправочной инфраструктуры.

# ГЛАВА 3. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА В СФЕРЕ ЭЛЕКТРОМОБИЛИЗАЦИИ В РОССИИ В УСЛОВИЯХ САНКЦИЙ

Во второй главе были проанализированы различные сценарии того, что может ждать нефтяные рынки в 2050 году, при условии реализации планов по электромобилизации. В 3 главе будут проанализированы текущие стратегии развития электромобильного рынка в России, опыт создания электромобилей в стране, а также предложены и проанализированы меры по будущему развитию этого рынка в двух парадигмах, до и после санкционной.

# 3.1. Анализ опыта создания электромобилей в России и текущей политики в сфере электромобилизации

## 3.1.1. Финансовые и нефинансовые меры по развитию электромобилизации в мире

В данном разделе рассматриваются финансовые и нефинансовые меры по развитию электромобилизации в мире, при подготовке раздела использованы материалы статьи Дежиной И. Г. и Раднабазаровой С. Ж. «Стимулирование спроса на электромобили в мире и российский контекст» [115].

Во всем мире рост спроса на ЭМ в значительной степени поддерживается государственными стимулами, которые можно разделить на финансовые и нефинансовые.

Финансовые меры могут быть прямыми (субсидии и льготы при покупке ЭМ) и косвенными (снижение тарифов, освобождение от оплаты проезда, парковок и других дополнительных привилегий).

Нефинансовые меры — это предоставление преференций при эксплуатации ЭМ, которые в том числе могут включать запреты и ограничительные меры в отношении автомобилей с ДВС (раздел 1.3.3).

На данный момент более 85% мировых продаж автотранспорта регулируются подобными мерами и большинство стран активно используют финансовые меры, как прямые, так и косвенные, для поддержки роста рынка ЭМ. На протяжении 2022 года в мире государствами было потрачено 45 млрд долл. США на субсидирование покупки электромобилей и налоговые вычеты [113].

Помимо стимулирования покупки ЭМ, значительные средства направляются на создание зарядной инфраструктуры. Существуют государственные программы субсидирования населения и льготы компаниям, устанавливающим зарядные устройства. На данный момент, зарядная инфраструктура наиболее развита в Китае, Южной Корее, США, Норвегии и других

странах западной Европы. В этих странах также находится большая часть существующего парка ЭМ (подробнее об этом говорилось в разделах 1.2.3 и 1.3.1).

Также сразу отметим, что страны экспортеры нефтегазовых ресурсов, обычно наиболее консервативны в области введения нефинансовых мер стимулирования, такие как запреты автомобилей с  $\mathrm{ДBC}^{24}$ .

Экономические исследования показывают, что на данном этапе развития электромобилизации она не может активно развиваться без существенных мер государственной поддержки по стимулированию [114]. Кроме того, эффективность конкретных мер стимулирования может существенно различаться не только между странами, но даже между отдельными городами. На данный момент, наиболее эффективными мерами является успешное сочетание прямых государственных субсидий и развития зарядной инфраструктуры [116]. Оказалось, что эффективность таких мер наиболее высока в тех странах, где существует крупный автопроизводитель и достаточное количество зарядных станций. В России есть свои крупные автопроизводители (например - АвтоВАЗ, КАМАЗ, ГАЗ), что делает результаты этих исследований особенно актуальными.

В Китае крайне важную роль в быстром внедрение ЭМ на рынок сыграло не только субсидирование, но и ограничения по возможности приобретения и использования автомобилей с ДВС в крупных городах, в то время как ЭМ не имели таких ограничений.

Введение стимулирования ЭМ в Норвегии, мировом лидере электромобилизации, происходило постепенно. Вначале в 1996 г. владельцев электромобилей полностью освободили от ежегодного налога на владение транспортным средством. С 1999 г. правительство Норвегии начало вводить не только финансовые, но и инфраструктурные стимулы. Так, парковка для владельцев электромобилей стала бесплатной. Позже бесплатными стали паромные переправы, и ЭМ разрешили доступ к автобусным линиям. Также правительство Норвегия активно развивало зарядную инфраструктуру для электромобилей, установив станции быстрой зарядки через каждые 50 км на всех основных дорогах. Всего же в стране насчитывается около 16 тыс. публичных зарядных станций или 9% от всех зарядных станций Европы (при доле населения в 0,7%). Также в 2018 г. правительство Норвегии объявило об инвестициях в размере 80 миллионов норвежских крон (около 8,5 млн долл. США) в развитие зарядной инфраструктуры в отдаленных и малонаселенных районах. Эта программа нацелена на увеличение количества зарядных станций и обеспечение их доступности для владельцев электромобилей во всех

-

<sup>&</sup>lt;sup>24</sup> Исключением тут является Норвегия

уголках страны. Как результат, увеличение доступности зарядных станций в малонаселенных местах Норвегии стало способствовать росту числа электромобилей во всех регионах страны. После 2015 г. правительство ввело два новых стимула: освобождение от налога на повторную регистрацию и освобождение от уплаты НДС на аккумуляторы и аренду электромобилей. Эти меры также направлены на достижение повсеместного перехода населения на электромобили и отказ от загрязнения окружающей среды традиционными ДВС [117].

В России рынок электромобилей только зарождается (раздел 1.4). Важно рассмотреть как финансовые, так и нефинансовые меры стимулирования. Важно также учитывать, что в развитии рынка электромобилей экологический фактор пока не играет значимой роли для российских покупателей. Также при рассмотрении нефинансовых мер важно учитывать проблемы, связанные со всем циклом производства электромобилей. Остановимся на этом подробнее в разделах 3.2. и 3.3, а пока перейдем к опыту создания ЭМ на территории России.

### 3.1.2. Опыт создание отечественных электромобилей

В России имело место несколько попыток создания собственных электромобилей. Перечислим некоторые из них.

Ё-мобиль — это российский проект электромобиля, который привлекал значительное внимание в своё время. Ё-мобиль представлял собой компактный городской электромобиль с оригинальным дизайном и небольшим размером. В рамках проекта были разработаны несколько моделей, с обещанием значительного запаса хода на одном заряде и доступной ценой. Проект также включал создание сети зарядных станций для обеспечения удобства использования электромобилей. Однако, несмотря на обширные планы и многообещающую концепцию, проект Ё-мобиля столкнулся с рядом сложностей и задержек. Финансирование проекта оказалось неполным, что привело к ограничениям в разработке и производстве. Также возникли сложности с получением необходимых сертификаций и разрешений на выпуск автомобилей в России. Кроме того, конкуренция на рынке электромобилей стала все более интенсивной, что создало дополнительные препятствия для Ё-мобиля. В итоге, несмотря на изначально большие амбиции и интерес со стороны общественности, проект Ё-мобиля не смог достичь своих целей и не превратился в успешное серийное производство электромобилей.

Российская компания "**ИжАвто**" работала над созданием электрического варианта своего автомобиля "Иж-2126 Комби"[118]. В рамках проекта был представлен прототип электромобиля, но его серийное производство так и не состоялось.

Компания **КАМАЗ**, известная своим производством грузовых автомобилей, также выразила интерес к электромобилям. В 2018 году КАМАЗ представил электрический автобус под названием КАМАЗ-6282. Этот электробус оборудован электрической силовой установкой, позволяющей проехать до 70 километров на одном заряде. На март 2023 года в Москве числится более 1000 электробусов, три четверти из которых выпустил КАМАЗ. Большинство проблем, которые возникли при эксплуатации электробусов, были постепенно решены. Эксперимент был признан успешным и в ближайшие годы весь колесный транспорт Москвы планируется электрифицировать. Также непосредственно в Москве в 2021 году был открыт завод по сборке электробусов КАМАЗ. Но надо отметить, что этот успех был достигнут в основном политической волей, а не экономической целесообразностью [119].

КАМАЗ также планировал разработать и другие электрические коммерческие транспортные средства. На текущий момент компания активно разрабатывает легковой электромобиль «Атом» совместно с «Росатомом». Планируется запустить производство в 2025 г.

Компания "Группа ГАЗ" в 2016 году представила электрический автомобиль "ГАЗель Next Electro" на базе своего коммерческого автомобиля "ГАЗель Next". Этот электромобиль предназначался для городских доставок и эксплуатации в ограниченных городских зонах. Но серийное производство электромобиля пока не началось. Компания "Группа ГАЗ" также выпускает электробусы для московского транспорта.

Кроме КАМАЗа и ГАЗа, электробусы выпускает компания «Volgabus».

Компания "**АвтоВАЗ**" также проводила исследования и эксперименты в области электромобилей. В 2012 году компания перешла от выпуска опытных образцов к мелкосерийному производству [120]. Электромобиль разработан на базе автомобиля Lada Kalina. Но машина не пользовалась спросом и была снята с производства. В 2015 году начался выпуск LADA Vesta EV. Серийное производство было назначено на 2017 год, потом перенесено на 2023, но пока нет подробностей.

**ЗАО "Зетта"** было основано в 2008 году и стало одной из ведущих российских компаний, специализирующихся на разработке и производстве электромобилей. Они создали несколько моделей электромобилей. Маленькие электромобили предназначались для использования в городских условиях. Однако серийного производства до сих пор не было достигнуто.

На заводе «**Москвич**» с 2023 г. планируется выпускать по 10 тыс. ЭМ китайского происхождения, но под своим брендом. Ранее компания Renault произвела на этом заводе 1,5 млн автомобилей за 15 лет, или около 100 тыс. в год, то есть планируется, что электрические «Москвичи» займут около 10% потенциальной мощности завода [121].

Также есть планы по электрификации других российских брендов, таких как **Волга** и **УАЗ**, но говорить о скором массовом производстве еще рано.

Как мы видим, большинство попыток создания ЭМ в России пока что не увенчались успехом, за исключением электробусов, но есть существенные основания полагать, что после событий 2022 года эта сфера может значительно ускориться, и уже в ближайшие несколько лет мы увидим множество новых ЭМ, как совместной, так и полностью отечественной разработки. Проблема предыдущих попыток, на наш взгляд, была в распыление средств и усилий по многим проектам. При этом проекты, играли во многом пиарную функцию, а не функцию создания востребованного и конкурентоспособного продукта.

Поэтому со стороны государства полезно выдать обязательства по поддержке спроса. Например, через систему субсидий на ЭМ с определенными параметрами.

Далее посмотрим, как обстоят дела в производстве батарей и с какими трудностями сталкиваются отечественные компании.

## 3.1.3. Сложности в производстве литий-ионных аккумуляторных батарей в РФ

В СССР была своя добыча лития для нужд авиации, ракетостроения и атомной промышленности, но в 1990-е года оборонный заказ резко сократился, спрос на литий упал, и добыча стала невыгодной. С тех пор, в России отсутствует добыча литиевого сырья.

В настоящее время сырье поступает в виде карбоната лития<sup>25</sup> в основном из Аргентины, Чили, Боливии и Китая. В текущих санкционных условиях отгрузки из Чили и Аргентины приостановлены [122]. Китай мог бы поставлять сырье, однако сам испытывает его острую нехватку. Поэтому для России единственная возможность получать сырье – только из Боливии.

Потенциально в будущем литий может поставляться из Афганистана, где потенциал месторождений – столь же крупный, как и в Боливии, где запасы лития составляют 21 млн т., на данный момент это самые большие запасы в мире [123]. Придется выработать схему взаимодействия с этой страной, что непросто, учитывая нестабильность ее внутренней ситуации.

\_

 $<sup>^{25}</sup>$  Здесь и далее карбонат лития экв. (LCE). 1 кг чистого лития соответствует 5,323 кг LCE

Например, китайские компании уже активно планируют работу в Афганистане, имея опыт работы в странах с нестабильной политической системой [124]. Представляется, что Афганистану нужны партнеры, чтобы разрабатывать ресурсы лития в выгодном для себя режиме. Россия вполне может быть таким партнером.

Ограничения торгово-экономического или политического характера означают, что для успешного развития этого направления стратегически необходимо иметь ключевые ресурсы в контуре российской экономики. Импортные поставки нужны для диверсификации. Чтобы получать сырье дешевле, чем в России, так как в России выше себестоимость из-за сложности добычи [125], а также застраховаться от рисков неудачной реализации проектов внутри страны. В разделе 3.2. будет подробно рассмотрено, каким сырьевым потенциалом для производства батарей обладает Россия.

Перейдем к тому, что происходит на отечественном рынке аккумуляторных батарей. В настоящее время в России уже есть мощности по переработке сырья и производству батарей, в первую очередь, завод «Лиотех» в Новосибирской области, построенный «Роснано». Плановая мощность завода 1 ГВт.ч (инвестиции составили 13,6 млрд руб.). Понять, производит ли компания до сих пор батареи сложно, так как компания проходит процедуру банкротства и часть имущества выставлено на продажу [126]. Все активы компании оценены в 1,6 млрд руб., при первоначальной стоимости около 9,2 млрд руб. На снижение цены активов повлияли физический износ (до 92%) и моральное устаревание (около 70%). Судя по отчетности компании, выручка падает с 2019 года и практически равнялась нулю в 2022 году. Это позволяет нам сделать вывод, что скорее всего компания прекратила или скоро прекратит деятельность.

Батареи также производит компания Drive Electro, один из поставщиков электроприводов и батарей для московских электробусов. Также компания планирует выпускать электрогрузовики с максимальной мощностью 1 тыс. грузовиков в год [127].

ГК «Росатом» в 2022 году начал серийное производство батарей в Москве мощностью 150 МВт.ч или около 2 тыс. полноценных тяговых аккумулятора [128].

Также, недавно «Росатом» начала строить первую в России «гигафабрику» накопителей энергии в Калининградской области, мощностью 4 ГВт·ч в год (это может обеспечить батареями около 70 тыс. средних легковых ЭМ), с возможностью увеличения выпуска в два раза [129]. Открытие ожидается в 2025 г. Инвестиции в проект оцениваются в объеме не менее 26 млрд руб.

На первый взгляд, впечатляющие цифры, но они меркнут в сравнении с мировым масштабом, где к 2025 г. мощности по производству батарей составят почти 4000 ГВт·ч [41], т.е. Россия даже при реализации этих проектов в срок в лучшем случае будет занимать около 0,1% мирового рынка.

## 3.1.4. Концепция развития электротранспорта в России

В августе 2021 г. был принят ключевой документ по развитию электротранспорта – «Концепция по развитию производства и использования электрического автомобильного транспорта в Российской Федерации на период до 2030 года» (далее в тексте Концепция) [2]. До этого времени в России не было отдельного стратегического документа, посвященного электротранспорту, но в стратегии развития автомобильной промышленности до 2025 года, принятой в 2018 году, были установлены конкретные целевые показатели для развития электромобилей. В соответствии с этой стратегией, к 2020 году доля новых электромобилей в общей структуре продаж должна была составить от 1% до 1,5%. Дальнейшей целью является достижение доли электромобилей от 4% до 5% к 2025 году (85-100 тыс. машин ежегодно).

Общий бюджет Концепции оценивается в 591 млрд руб., причем более 80% этих средств являются внебюджетными источниками (499 млрд руб.). На реализацию Концепции до 2024 года будет направлено 47,6 млрд руб., из которых 9,6 млрд руб. предусмотрено из бюджета и 38 млрд руб. из Фонда национального благосостояния. Однако, финансовые параметры Концепции несколько раз менялись, варианты расходов варьировались от 418 до 777 млрд руб.

Концепция будет реализована в два этапа: с 2021 по 2024 год и с 2025 по 2030 год. Планируется выпуск не менее 25 тыс. электромобилей и запуск 9,4 тыс. зарядных станций по всей стране к концу первого этапа. К 2030 году планируется, чтобы каждый десятый автомобиль был бы электрическим, а число зарядных станций достигло бы минимум 72 тыс., из которых не менее 28 тыс. быстрые зарядные станции. Планируется создать сеть зарядных станций по всей стране. Соответствующие ведомства составят перечень территорий и дорог федерального значения, где первоочередно будут установлены зарядные станции. Для облегчения процесса зарядки и повышения удобства использования электромобилей также рассматриваются меры по стандартизации систем зарядки.

В табл. 3.1 приведены основные целевые показатели по производству ЭМ и установке зарядных станций до 2030 г., принятые в Концепции.

Таблица 3.1. Целевые показатели развития электротранспорта и зарядной инфраструктуры в России до 2030 г.

2	Год	Производство ЭМ	Зарядная инфраструктура, ед.		Инвестиции <sup>26</sup> , млрд руб.	
Этап		в России, тыс. ед.	Медленные	Быстрые	Государственные	Частные
Этап I (2021- 2024)	2022	2,5	1178	528		
	2023	7,4	2163	970	57,2	10
	2024	17,5	3206	1437		
Этап II (2025- 2030)	2025	44	4284	2856		489
	2026	71	5031	3354		
	2027	94	5856	3904	240	
	2028	115	6703	4469	34,8	
	2029	162	7620	5080		
	2030	217	8573	5715		

Источник: Концепция, составлено автором.

Для развития рынка электротранспорта правительство планирует внедрить ряд программ, направленных на поддержку спроса. В соответствии с Концепцией, будет предоставлен льготный лизинг и льготное кредитование для электромобилей, а владельцы таких автомобилей смогут пользоваться преимуществами в виде сниженного транспортного налога. Кроме того, покупатели получат 25% скидку при приобретении электромобиля, но она будет доступна только для моделей, произведенных с локализацией в России. Правительство также готово заключать специнвестконтракты с производителями для локализации производства электромобилей и их комплектующих. Эти контракты предусматривают ряд льгот для инвесторов.

Региональным властям рекомендуется рассмотреть введение бесплатной парковки для электромобилей. Кроме того, начиная с 2024 года может быть установлена минимальная доля российских электромобилей, которые будут использоваться для государственных нужд, а с 2029 года - минимальная доля продаж электромобилей на российском рынке для автопроизводителей и импортеров, как указано в документе. С 2022 года также запущен эксперимент по бесплатному проезду электромобилей по платным трассам.

Кроме того, в России планируется запустить производство аккумуляторных батарей и построить 1000 водородных заправок. В настоящее время большая часть аккумуляторов для электромобилей импортируется, и поэтому Концепция предполагает развитие собственного батарейного производства в 4-6 ГВт.ч, чего достаточно для производства 80-120 тыс.

-

<sup>&</sup>lt;sup>26</sup> Оценка

электромобилей. Это позволит снизить зависимость от импорта и снизить стоимость электромобилей на внутреннем рынке.

Если эти планы будут реализованы, то российский парк ЭМ может превысить 700 тыс. ед. в 2030 г. Это составит около 1,5% автопарка (при парке около 45 млн легковых автомобилей). К этому моменту ежегодные продажи могут составить около 15% от всех продаж или переход к «раннему большинству» по теории диффузии инноваций.

\* \* \*

В разделе 3.1. показано, что рост спроса на электротранспорт обусловлен успешным сочетанием прямых государственных субсидий и развитием зарядной инфраструктуры. Такие меры наиболее эффективны в тех странах, где существует крупный автопроизводитель и достаточное количество зарядных станций.

Попытки создания электромобилей в России, за исключением электробусов, пока не дали значительных результатов. Однако после событий 2022 года ожидается ускорение развития этой области, и в ближайшие годы возможно появление множества новых ЭМ, как совместного, так и отечественного производства. До этого отрасль развивалась крайне эклектично, происходило рассеивание средств и усилий на множество «пустых» проектов.

Сейчас важно, чтобы государство обязалось поддерживать спрос на электромобили, например, через систему субсидий с определенными параметрами. Это позволит сосредоточить усилия и средства на наиболее перспективных проектах и способствовать развитию востребованных и конкурентоспособных электромобилей на российском рынке.

Принятая в 2021 году Концепция развития производства и использования электромобилей, подтверждает формальный интерес властей к электромобилизации автопарка. Однако, на практике, требуется дополнительная работа и усилия для полного осуществления данной Концепции и внедрения электромобилей на массовом уровне в стране. Концепция предполагает создание с нуля целой отрасли производства батарей, катодных и анодных материалов для них, а также развитие зарядной инфраструктуры. Власти выражают готовность стимулировать развитие сопутствующих технологий. Однако, на данный момент, некоторые озвученные планы могут показаться нереализуемыми и свидетельствовать о том, что электромобили пока остаются на государственном уровне не новой действительно важной отраслью, а скорее являются данью моде и экологической повестке.

Далее в разделе 3.2 будет представлен взгляд на возможное развитие автомобильной и добывающей промышленности России в сторону производства ЭМ, который фокусируется на создании всей цепочки добавленной стоимости внутри страны (добыча лития, сборка батарей и ЭМ по собственным технологиям). На наш взгляд, именно такой подход позволит обеспечить максимальный мультипликативный эффект для экономики.

А в разделе 3.3. будет представлен авторский взгляд на то, как должна развиваться электромобилизация автомобильного парка в России, который основывается на мировом опыте с адаптацией для российских реалий для продвижения первичной или ранней электромобилизации, с фокусом на потребителях и инфраструктуре.

# 3.2. Предложения и экономические оценки развития электромобилизации в России в новых условиях

#### 3.2.1. SWOT-анализ развития рынка электромобилей в России

Этот раздел написан на основе статьи «Развитие рынка электромобилей в России как необходимое условие получения выгод от глобального тренда на электрификацию транспорта» [46]. Развитие рынка ЭМ — весьма неоднозначный процесс, который будет иметь ощутимые последствия для социально-экономических и технологических процессов в стране, бюджетного планирования, логики проектирования городского пространства. В табл. 3.2 представлен SWOT-анализ, показывающий различные стороны потенциальной электрификации автомобильного парка России.

Таблица 3.2. SWOT-анализ развития рынка электромобилей в России

#### Сильные стороны

- заинтересованность автоконцернов в присутствии на рынке России<sup>27</sup>
- снижение издержек для потребления результатов глобального HTП в сфере ЭМ через импорт
- вклад в достижение целей Парижского соглашения и национальной климатической политики через снижение эмиссий парниковых газов в сфере транспорта
- снижение выбросов вредных веществ в городах и улучшение качества окружающей среды
- низкая стоимость эксплуатации

#### Возможности

- возможность встраивания в цепочку создания добавленной стоимости и локализации ряда производственных и коммерческих процессов с созданием новых рабочих мест и вовлечением предприятий, которые уже производят комплектующие для автомобилей с ДВС
- инвестиции в зарядную инфраструктуру
- стимулы для диверсификации бизнеса нефтегазовых компаний
- смягчение проблемы низкой загрузки генерирующих мощностей в России за счет необходимости удовлетворения дополнительного спроса на электроэнергию

#### Слабые стороны

- ЭМ дороже аналогичного автомобиля с ДВС
- меньший запас хода по сравнению с автомобилем с ЛВС
- низкая развитость зарядной инфраструктуры и более длительная зарядка по сравнению с заправкой автомобиля с ДВС
- снижение спроса на моторные топлива (недополученные доходы бюджета России и отечественных нефтегазовых компаний)

#### Угрозы

- дополнительный импорт автомобилей, комплектующих, оборудования в условиях высокой концентрации этого рынка
- негативная ситуация с динамикой доходов в России как ограничение спроса
- транспортная политика крупных городов по стимулированию населения к отказу от покупки личного автомобиля
- пропуск участия в разворачивании нового технологического рынка

Источник: анализ автора

Среди <u>сильных сторон</u> можно выделить заинтересованность автоконцернов в присутствии на рынке в России и, тем самым, снижению издержек для импорта результатов

<sup>&</sup>lt;sup>27</sup> В 2022-23 гг. мы видим почти полное смещение российского автомобильного импорта в сторону китайских брендов и/или предложение автомобилей, ввезённых по параллельному импорту [126].

глобального НТП в сфере ЭМ. Также, электрификация транспорта — это способ снижения эмиссий парниковых газов в транспортном сегменте, что способствует исполнению указа президента по обеспечению к 2030 г. снижения эмиссий до 70% от уровня 1990 г. [131] в целях достижения целей Парижского соглашения. Безусловно, «климатическая» эффективность ЭМ определяется структурой генерации, однако в электроэнергетике России значительную долю занимают низкоуглеродные источники (гидро- и атомная энергия, природный газ), в результате чего углеродный след владения ЭМ ниже по сравнению с традиционным автомобилем [132]. Кроме этого, у ЭМ отсутствуют вредные выбросы при эксплуатации (кроме мелких дисперсионных частиц от шин и тормозов). Это позволит улучшить экологию городов и качество окружающей среды, что является позитивным фактором для здоровья населения [132].

<u>Слабые стороны</u> включают понятные проблемы дороговизны ЭМ и зачаточного состояния зарядной инфраструктуры (с вытекающими отсюда неудобствами), однако представленный далее эшелонированный план развития рынка ЭМ в России призван их в значительной степени смягчить. Другая проблема заключается в неминуемом ослаблении спроса на моторные топлива, которые производятся и поставляются на рынок отечественными нефтегазовыми компаниями, причем значимая доля их цены уходит в бюджет России в виде специализированных налогов (акциз и налог на добычу полезных ископаемых) [134]. Очевидно, что распространение ЭМ означает недополученные доходы нефтегазового бизнеса и бюджетной системы страны. При этом перераспределение налоговой нагрузки в цену электроэнергии является контрпродуктивным для целей развития рынка ЭМ, по крайней мере на первых двух этапах его становления.

Сразу следует указать на имеющиеся <u>угрозы</u>. Так, динамика спроса на ЭМ в России может быть существенно замедлена:

- существующей неблагоприятной ситуацией с доходами населения;
- транспортной политикой крупных городов (где теоретически сосредоточена целевая аудитория ЭМ состоятельное население с дневными поездками внутри города) по снижению популярности личного транспорта (например, Правительство Москвы проводит ярко выраженную интермодальную транспортную политику).
- другая проблема заключается неизбежном наращивании импорта как самих ЭМ, так и комплектующих. При этом рынок критичных материалов для распространения новых низкоуглеродных технологий (включая ЭМ) в значительной степени концентрирован [135], что может создать геополитические и ценовые риски в перспективе (подробнее в разделах 3.2 и 3.3).

В то же время развитие рынка ЭМ создает потенциальные возможности для экономики России.

В первую очередь речь идет о реальных инвестициях – как в сфере создания зарядной инфраструктуры, так и реализации действий по встраиванию отечественного бизнеса в глобальную технологическую цепочку создания добавленной стоимости. Значимый потенциал для национальной экономики заключается в организации локализованных производств с созданием новых рабочих мест. Важным преимуществом является наличие аналогичных бизнесов, заточенных на сборку традиционных автомобилей, которые были развиты за последнее десятилетие в России в рамках усилий по локализации автопрома. Учитывая, что подавляющая часть узлов и компонентов для ЭМ и автомобилей с ДВС аналогичны, потенциал задействования имеющихся отечественных предприятий значителен.

Дополнительным плюсом является возможность беспроблемно удовлетворить прирост спроса на электроэнергию за счет задействования простаивающих резервов генерирующих мощностей [136]. Тезис о том, что распространение ЭМ обеспечит выравнивание графиков электрической нагрузки в течение дня [137] может оказаться нереализованным, поскольку результат будет определяться тем, как и когда население будет заряжать свои ЭМ. Но если такой эффект все же будет наблюдаться, это позволит оптимизировать управление энергосистемой.

И, конечно, развитие рынка создаст стимулы для диверсификации крупных компаний в российском ТЭК, а именно движения в сторону от нефтяных и газовых к «энергетическим корпорациям» — это соответствует стратегиям ключевых отраслевых игроков и ожиданиям рыночных инвесторов (раздел 2.3.2).

Перейдем к описанию эшелонированного развития рынка электромобилей в России.

#### 3.2.2. Альтернативы развития автомобилестроения в России в новых условиях.

С учетом новых санкционных реалий, с которыми столкнулась Россия (санкции и ограничения на поставки автомобилей и их комплектующих) в 2022 г., требуется доработать или пересмотреть те приоритеты развития, которые были разработаны до этого, в том числе и в принятой совсем недавно Концепции<sup>28</sup>.

Сейчас у России есть 3 потенциальные развилки того, как может развиваться рынок в новых условиях:

<sup>&</sup>lt;sup>28</sup> по мнению Минэкономразвития, Концепция демонстрирует высокую экономическую устойчивость [137].

1. Первый вариант состоит в продолжении текущей политики. Как представляется, в условиях ухода западных автоконцернов с российского рынка, российский бизнес перестраивается на поставки китайских автомобилей. Условия на которых это происходит как на уровне отдельных брендов, так и рынка в целом почти не находятся в поле обсуждения экономистов и экспертов.

На наш взгляд, по сути, это сдача автомобильного рынка китайским компаниям (так, в июле 2023 г. по сообщениям СМИ российский рынок стал наиболее крупным по экспорту китайских автомобилей [139]) без какой-либо компенсации выгод для российской экономики.

Такой подход может стать повторением политики взаимодействия с западными автоконцернами, когда в России строились их сборочные предприятия (на уровне крупных узлов с локализацией в районе 60-70%, но при этом невозможно собрать (а иногда и эксплуатировать) автомобиль без взаимодействия с головными автоконцернами). Такой подход приносит меньше инвестиций, меньше рабочих мест, незначительно увеличивает сложность экономики и не локализует критические компетенции. Этот вариант поможет насытить рынок, но долгосрочно ставит ключевую отрасль экономики в зависимость от одной страны. При этом в таком варианте может происходить потребление в большинстве своем устаревших технологий, в том числе и в электромобилях. И как было сказано выше, в таком случае в Россию не передаются ключевые технологии.

- 2. Россия, не имея доступа к передовым технологиям создания батарей и ЭМ создает собственные автомобили с ДВС с полным циклом НИОКР в автомобилестроение на отечественной компонентной базе. Это позволит сохранить потребление моторных топлив и обеспечить мобильность внутри страны. Минусом этого подхода является то, что российский автопром будет развиваться в устаревшей парадигме. Электромобили могут производиться, продаваться и эксплуатироваться в стране, но без реализации специализированной политики в этой сфере. Несмотря на кажущуюся нереалистичность выбора такой стратегии можно вспомнить автопарк Кубы, состоящий из машин середины прошлого века [140] или о возврате к выпуску технологически устаревших автомобилей после 2022 г. [141].
- 3. Активное развитие собственных электромобилей, батарей и сырья для них внутри страны. Данный вариант позволяет построить с нуля новую высокотехнологичную отрасль внутри страны, что обеспечивает максимальную энергетическую безопасность и дает мощный толчок большому количеству смежных отраслей. Все это должно позитивно сказаться на всей экономике.

Первые два варианта представляют неинтересными с точки зрения разработки управленческих решений и последствий для экономики. Поэтому далее в работе анализируется третий вариант. Именно он представляется наиболее содержательным и требующим более детальной проработки.

Для рассмотрения этого варианта проанализируем, как развивался российский автопром в последние 20 лет.

В целом за последние 22 года продажи новых автомобилей в России колебались от 1,0 до 3,3 млн ед. (рис. 3.1). Исторический пик в 3,3 млн продаж пришелся на 2008 год, после чего в 2009 году был обвал до 1,2 млн ед. В 2010-х годах, российский автомобильный рынок продолжил рост и почти вернулся на пики 2008 года, но после событий 2014 года, начал активно падать, пока не достиг уровня в 1,4 – 1,8 млн продаж в год. Однако в 2022 году, в условиях ухода с российского рынка западных автоконцернов, продажи впервые за более чем 20 лет опустились ниже 1 млн ед., и составили около 0,7 млн ед. Далее рассмотрим причины именно такой динамики.

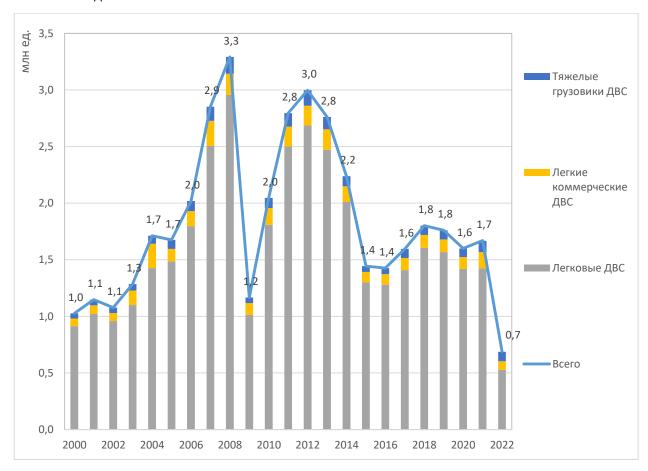


Рисунок 3.1 — Продажи автомобилей на российском рынке с 2000 по 2022 гг., млн ед. Источник: Автостат

В начале 2000-х годов российская экономика начала оправляться после кризиса 1990-х гг. Уровень жизни и покупательная способность населения улучшились, что привело к росту спроса на автомобили.

В это время банки стали более готовы выдавать кредиты на покупку автомобилей. Это сделало автомобили более доступными для широкого круга населения и стимулировало рост продаж.

Множество международных автомобильных компаний начали строить сборочные заводы в России. Это позволило им сократить расходы на таможенные пошлины и логистику, а также адаптировать производство под специфические потребности российского рынка.

Российские автопроизводители, такие как АвтоВАЗ и ГАЗ, также активно развивали свое производство и модернизировали свои модели. Они стремились соответствовать требованиям современного рынка и конкурировать с иностранными автомобилями.

В связи с ростом спроса на автомобили, множество иностранных брендов начали активно поставлять свои модели на российский рынок. Импортные автомобили стали все более популярными среди российских потребителей.

В 2000-х годах в России также активно развивался вторичный рынок автомобилей. Количество продаж подержанных автомобилей значительно увеличилось, и появились специализированные автомобильные площадки и интернет-порталы, упрощающие процесс покупки и продажи подержанных автомобилей.

В первой половине 2010-х годов авторынок РФ продолжал демонстрировать стабильный рост продаж, что было связано с положительной экономической конъюнктурой и увеличением доступности кредитования. Крупные зарубежные автопроизводители продолжали активно входить на российский рынок, что привело к увеличению предложения и конкуренции между производителями. Но, в 2014 году Россия столкнулась с санкциями и падением цен на нефть, что оказало негативное влияние на экономику и на автомобильную индустрию в том числе. Правительство предпринимало шаги для поддержки автомобильной отрасли, включая программы льготного автокредитования и субсидирования производителей, но вернуться к уровням до 2014 года так и не удалось.

В 2020 году коронавирус не оказал существенного влияния на продажи, и уже в 2021 году продажи вернулись на допандемийные уровни. В 2022 году, как уже говорилось выше, продажи упали почти на 60% и российский автомобильный рынок претерпел тектонические

изменения, последствия которых еще предстоит в полной мере наблюдать. Но уже сейчас видны некоторые характерные черты, такие как почти полное доминирование отечественных и китайских брендов в продажах, а также наращивание поставок автомобилей подсанкционных марок по параллельному импорту. Эксперты прогнозируют медленное восстановление в район 1,5 млн ед. к 2027 году [142].

Для дальнейшей работы примем базовое допущение, что для благополучного состояния социально-экономического развития России характерен объем продаж на уровне 1,5-3 млн новых автомобилей в год, а для кризисных лет и периодов с низким уровнем доходов населения - порядка 1 млн автомобилей в год. Также на основании сценарной гипотезы примем, что 30-50% легковых автомобилей в автопарке могут быть ЭМ к 2040-2050 гг. На наш взгляд представляется, что такая емкость, с учетом возможного экспортного потенциала, является достаточной для разработки собственных технологий в сфере производства электромобилей.

Далее, под этот объем рынка, а также с учетом возможного экспорта и обеспечения конкуренции на внутреннем рынке будут предложены проекты развития электромобильной отрасли и поддерживающие это меры экономической политики.

# 3.2.3. Новый взгляд на развитие электромобилей в России – концепция развития индустрии ЭМ полного цикла в России

Этот раздел написан на основе статьи «Влияние развития электромобилей на потребление энергоресурсов: риски и возможности для экономики России» [67].

Электромобили в новых условиях могут выступить как основной вид легкового транспорта. Их проще производить: нет зависимости от сложных западных импортируемых деталей и узлов (как например, двигатель внутреннего сгорания и коробка передач [143]). В ЭМ всего около 20-40 движущихся деталей, против 2-3 тыс. в автомобилях с ДВС (раздел 1.2.1.).

Как уже говорилось в разделе 3.1.3. необходимо иметь все ключевые металлы для производства батарей в экономическом контуре страны, так как батареи являются ключевым узлом ЭМ<sup>29</sup> [144]. Поэтому предлагается в первую очередь наладить производство батарей на территории страны как в виде финальных сборочных линий на иностранных технологиях из дружественных стран, так и в виде собственных производств, в которых химический состав батарей будет учитывать особенности сырьевой базы страны и доступность импортируемого сырья.

-

<sup>&</sup>lt;sup>29</sup> Которые в настоящее время в России в большом объеме не производятся

Это необходимо сделать потому, что, при всеобщем переходе на электромобили, может случиться ситуация, что батарей будет недостаточно. Тогда России могут ограничить доступ к этому оборудованию как передовому в рамках санкционной политики или выбрать приоритетом развитие собственного рынка. Если же наладить собственное производство, то можно не только обеспечить свои внутренние потребности, но и поставлять литиевое сырье, батареи и электромобили на экспорт. Остается только вопрос, как конкретно это сделать. Начнем с лития.

Учитывая важность лития в производстве электромобилей, необходимо разработать стратегию обеспечения России этим ресурсом. Для этого существует несколько возможных путей.

Это вхождение в международные проекты по добыче лития. Этот вариант наиболее быстрый и дорогостоящий, и, по сути, кроме относительно быстрого доступа к необходимому ресурсу, таит в себе как политические угрозы, так и необходимость согласования всех планов с компаниями партнерами.

Второй вариант — это покупка сырья на внешних рынках для удовлетворения внутреннего спроса. Быстрый вариант, который помогает решить проблему в моменте, но делает страну зависимой от внешней конъюнктуры.

И, собственно, вариант инвестиций в развитие внутренней добычи. Этот вариант требует существенных затрат, как ресурсов, так и времени, но является наиболее надежным в долгосрочной перспективе. И, учитывая высокую добавленную стоимость добычи лития (более 90%), является еще и крайне перспективным, как для государства, так и для бизнеса. Даже если себестоимость производства будет выше, чем у других производителей, потенциально, за счет уменьшения маржи и меньших логистических затрат, она будет рентабельной и позволит значительно повысить энергетическую безопасность страны.

Параллельно с налаживанием поставок сырья и производства батарей необходимо наладить сборку ЭМ совместно с партнерами из лояльных стран, обладающих компетенциями в данной области. После того, как будут приобретены необходимые компетенции, можно будет локализовать сборку. Узким местом будет оставаться электроника, без которой невозможен современный как автомобиль на ДВС, так и ЭМ. Наладить производство чипов и сложных вспомогательных систем (например, системы безопасности, круиз-контроль, ассистенты вождения) в сжатые сроки и в условиях санкций будет практически невозможно, поэтому здесь придется надеяться на поставки по параллельному или серому импорту. Но эта тема выходит за рамки данного исследования.

Потенциально, решая вопросы стыковки предприятий в разных частях производственной цепочки, отечественные ЭМ могут стать дешевле, чем импортные ЭМ или собираемые во многом из импортных деталей отечественные автомобили с ДВС, за счет более низких затрат на сырье, оплату труда, логистику и, впоследствии, эффекта масштаба. Они могут приносить гораздо больший вклад в экономику страны, чем сильно зависящие от импорта традиционные автомобили с ДВС. Важным аспектом такого подхода станет локализация всей цепочки внутри контура российской экономики. И это может быть сделано в передовой отрасли, выпускающей продукцию на уровне шестого технологического уклада для нового мирового быстро растущего рынка [145].

Далее приведем оценки того, сколько это может стоить, и каковы потенциальные выгоды для российской экономики.

#### 3.2.4. Новый взгляд на развитие электромобилей в России – экономические оценки

Перейдем к тому, как, на наш взгляд, в новых условиях стоит подойти к развитию трех ключевых для электромобилизации областей – это добыча лития, создание собственно батареи и сборка ЭМ.

Предлагается разделить реализацию на 3 этапа, но с фокусом на разработке месторождений лития, а также производстве батарей и сборке ЭМ внутри страны, для обеспечения максимальной энергетической безопасности. Также предлагается сразу ориентироваться на экспортный потенциал, который неизбежно возникнет при разработке крупных месторождений лития, так как внутренний рынок не сможет обеспечить такой высокий спрос, а спрос на литиевое сырье в мире будет высоким.

Перейдем к подробному описанию каждого этапа.

#### 3.2.4.1. Этап 1. Запуск первых проектов по добыче лития и производству батарей и ЭМ

Первый этап является наиболее важным для запуска «маховика инноваций» [146] в новой отрасли. В таблице 3.3 приведены основные пункты того, как в ближайшие два года должна развиваться электромобильная отрасль России.

Таблица 3.3. План реализации 1 этапа по развитию производства лития, батарей и электромобилей в России.

1 этап			
Описание этапа	Формирование четкой концепции, запуск первых проектов по добыче лития, производству батарей и сборке ЭМ.		
Временной	2024-2028 гг.		

горизонт			
	Запуск проектов внутри страны, геологоразведка. Разработка технологии по добыче.		
Добыча лития	Импорт из дружественных стран для удовлетворения внутреннего спроса (9-15 тыс. тонн).		
	Участие в иностранных проектах дружественных стран, в том числе Афганистана. На стадии		
	проработки проект в Боливии.		
	Балансовые запасы в $P\Phi - 1,1$ млн т рудного лития и $20,5$ млн т рассольного лития.		
	Запуск программы создания собственных инженерных школ и привлечения специалистов в		
Производство	разработку технологий батарей.		
батарей	Привлечение инвесторов для сборки и локализации.		
	Потенциальные мощности по производству в 2028 году около 10-15 ГВт.ч.		
	Крупноузловая сборка преимущественно китайских ЭМ (пример Москвич-ЈАС – в 2024 году 20 тыс. ЭМ),		
	постепенное увеличение локализации.		
	Параллельно разрабатываются собственные ЭМ под собственные разрабатываемые батареи (на данный		
	момент было сделано много заявлений, но инвестиционных решений не принято).		
Производство	Привлечение зарубежных компаний для организации производства внутри страны со степенью		
ЭМ	локализации 90-100%, в том числе под отечественный тип батарей. Как вариант под отечественный тип		
JIVI	батарей или отечественное сырье.		
	В итоге запуск 2-4 крупных и 5-10 мелких заводов по производству ЭМ.		
	В логике спроса потенциальные мощности по производству ЭМ могут составить 150-300 и более		
	тыс. ед. к 2028 году (10-20% от продаж всех автомобилей) <sup>30</sup> .		
	Частичный импорт готовых ЭМ – под развитие потребительского и организационного опыта.		
	До 2028 года		
Инвестиции	Литий – 30-60 млрд руб. в РФ и 600 млн долл. в Боливии (участие в капитале зарубежных		
	производителей) или других странах		
	Батареи – 45-90 млрд руб. (HИОКР ~ 3-7%)		
	ЭМ – 300-500 млрд руб.		
Потенциальные	Этап инвестирования, доходов еще нет, рост капитализации предприятий		
доходы	Этап инвестирования, долодов еще нет, рост капитализации предприятии		

Составлено автором с использованием данных из [52, 147]

Посмотрим подробнее, как возможно наладить производство лития внутри страны. Для начала необходимо пояснить некоторые моменты для понимания того, как устроен мировой рынок лития.

Существует два типа добычи лития, это добыча из руды (Австралия – 1 место в мире на 2022 год) и это добыча из рассолов (Чили, Китай, Аргентина). В России есть потенциал по добыче обоих видов лития. На данный момент есть 7 перспективных месторождений рудного лития, в которых около 65% балансовых запасов (1,1 млн т лития или 6% от мировых запасов) обладают концентрацией оксида лития, выше минимальной промышленной. Также есть 3 зоны по добыче рассольного лития с потенциальными запасами в 20,5 млн т лития [147]. Остановимся на некоторых проектах, которые уже находятся в стадии активной разработки.

В апреле 2022 г. «Норникель» объявил о намерении создать совместное предприятие с ГК «Росатом» по освоению одного из таких месторождений. Это Колмозерское месторождение в Мурманской обл. (запасы около 2 млн т руды [148] или 24% от балансовых запасов в России) и дальнейшей глубокой переработке литиевого сырья [149]. Этот проект может быть запущен в 2029

<sup>&</sup>lt;sup>30</sup> Базовый сценарий — это левое значение, правое значение — это максимальный сценарий, который может быть реализован только при крайне оптимистичном сочетание различных факторов.

году, если удастся решить проблему со сложным составом руды на этом месторождении. Также стоит отметить, что добыча лития из руды является в 3 раза более углеродоемкой, чем добыча из рассолов [150].

ГК «Росатом» также планирует добывать соединения лития в Иркутской области. Общие заявленные инвестиции в литиевые проекты внутри страны могут превысить 50 млрд руб. до 2030 г. [125]. Кроме этого, Росатом рассматривает возможность покупки долей в иностранных компаниях в Южной Америке и Африке, и уже выиграла тендер на добычу лития в Боливии мощностью 25 тыс. т карбоната лития [151].

Кроме проектов по добыче лития из руды, есть также проект по добыче лития из подземных вод Ковыктинского месторождения «Газпрома». Начало добычи запланировано на 2025 год.

Другие нефтегазовые компании пока не ведут промышленную добычу лития на своих скважинах, но уже заявляют о будущих проектах. Если организовать добычу лития и сопутствующих минералов (магний, йод, бром) из уже существующих скважин, то себестоимость такой добычи может быть сопоставима с похожими проектами в мире, но окончательно это будет ясно только после запуск первых таких проектов [152]. Потенциал такой добычи оценивается почти в 400 тыс. т карбоната лития к 2040 году и может обеспечить нефтегазовым компаниям дополнительный доход в 13 млрд долл. США в ценах 2022 года.

Кроме лития в батареях для ЭМ используются никель и кобальт. Прогнозируется, что в новых батареях содержание никеля будет увеличиваться, а кобальта — уменьшаться из-за дороговизны и нестабильности поставок [153, 154]. Россия в мировом производстве никеля занимает 11,3% (90% идет на экспорт) и 6,3% — в производстве кобальта (экспортируется 70%). В приложение 4 приведены результаты расчета, сколько потенциально этих металлов понадобится при том или ином сценарии электромобилизации. Спрос на никель в базовом сценарии в 2040 году составит около 16 тыс. т, а спрос на кобальт около 5 тыс. т., при внутреннем производстве в 2022 году в 250 и 8,5 тыс. т соответственно. Поэтому проблем с этими металлами для удовлетворения внутреннего спроса не возникнет.

Никель можно разделить на два типа, высокосортный (высококачественный) и низкосортный (низкокачественный). Разница между высокосортным и низкосортным никелем заключается в их качестве, химических свойствах и областях применения. Высокосортный никель производится с использованием более тщательного процесса очистки и обладает более высокой степенью чистоты. Низкосортный никель, наоборот, может содержать больше примесей и иметь менее однородные характеристики. Из-за различий в чистоте, высокосортный

никель обычно обладает лучшими химическими свойствами, такими как стойкость к коррозии, термостойкость и электропроводность. Высокосортный никель обычно используется в более требовательных технических и промышленных приложениях, где необходимы высокая надежность и стабильность. Низкосортный никель может быть пригоден для более простых или невысоконагруженных задач.

Компания «Норникель» является мировым лидером по производству высокосортного никеля с долей в 17% мирового объема производства. В ЭМ как раз используется этот тип никеля. Это дает возможности наладить производство батарей на территории страны, используя отечественное сырье как один из факторов конкурентоспособности.

Для стимулирования развития инженерной отрасли и разработки технологий батарей предлагается запустить программу создания собственных инженерных школ и привлечения квалифицированных специалистов, в том числе из Китая, мирового лидера батарейной отрасли. Это позволит обеспечить профессиональное образование и подготовку кадров для успешной работы в батарейной промышленности.

Параллельно с этим, должно активно осуществляться привлечение инвесторов для организации сборки и локализации производства внутри страны. Такой подход улучшит конкурентоспособность и доступность батарейных технологий на внутреннем рынке.

Прогнозируется, что мощности по производству батарей к 2028 году составят около 10-15 ГВт.ч. Этот позволит удовлетворить часть внутреннего спроса на батареи для использования в ЭМ и других секторах.

Далее необходимо наладить производство электромобилей на собственных батареях. Для этого предлагается следующая стратегия.

Начать с крупноузловой сборки электромобилей, аналогичной подходу, применяемому при производстве автомобилей Москвич-ЈАС. Постепенно усложнять процесс производства, чтобы вся цепочка добавленной стоимости оставалась внутри страны, включая производство батарей и электродвигателей. Особое внимание следует уделить сложным узлам и чипам, где возможно возникновение узкого места в производственной цепочке. При этом необходимо исследовать возможность модернизации или перестройки рынка и производства, чтобы эффективно удовлетворять потребности в производстве электромобилей. Кроме того, рекомендуется изучить кейс производства электробусов, так как это уже существующая отрасль в России. Важно изучить, как обеспечивается производство литием и батареями, а также

определить способы снижения стоимости и изучить опыт эксплуатации и экономику эксплуатации электробусов.

Совокупный объем инвестиций на первом этапе оценивается в  $375-650^{31}$  млрд руб. за 4 года (30-60 млрд руб. на развитие добычи лития; 45-90 млрд руб. — на производство батарей; 300-500 млрд руб. — производство ЭМ).

Необходимые инвестиции считаются на основе агрегированных данных по существующим и планируемым проектам по добыче лития и производстве батарей и ЭМ (см. раздел 1.3.3).

## 3.2.4.2. Этап 2. Удовлетворение внутреннего спроса, высокая локализация сборки батарей и ЭМ

На втором этапе Россия должна прийти к полному удовлетворению внутреннего спроса на металлы, разработке собственных батарейных архитектур и высокой локализации сборки электромобилей (табл. 3.4). В сфере добычи лития начинается активная добыча, приводящая к увеличению объемов добычи до примерно 30 тысяч тонн лития в 2028 году. Значительный рост производства ожидается к 2030 году, с потенциалом добычи до 140 тысяч тонн карбоната лития.

Таблица 3.4. План реализации 2 этапа по развитию производства лития, батарей и электромобилей в России.

ІІ этап					
Описание этапа	Полное удовлетворения внутреннего спроса в литии, разработка собственных батарейных архитектур, высокая локализация сборки ЭМ				
Временной горизонт	2028-2035 гг.				
Добыча лития	Начало активной добычи более, чем на одном месторождении. Объем около 30 тыс. т лития в 2028 году. Возможно полное удовлетворение внутреннего спроса. Добыча до 140 тыс. т лития в 2030 г.				
Производство батарей	Удовлетворение внутреннего спроса за счет собственных батарей к 2030 году (преимущественно на собственном сырье).  Масштабирование производства, строительство новых гигафабрик, выход на экспортный потенциал.  Потенциальные мощности по производству в 2035 году от 30 до 70 ГВт.ч.				
Производство ЭМ	Сборка высокой степени локализации.  Потенциальные мощности по производству от 350 до 1000 тыс. ЭМ к 2035 году.  Продажа с госсубсидиями только сильно локализованной продукции. Возможные ограничения на импорт ЭМ.				
Инвестиции (за период)  Литий — 45-130 млрд руб. (разработка новых и расширение о месторождений)  Батареи — 50-230 млрд руб. (строительство заводов и НИОКР)  ЭМ — 250-730 млрд руб. (строительство новых и модерни					

<sup>&</sup>lt;sup>31</sup> На всех этапах за базовое стоит считать левое значение, правое значение может реализоваться лишь при идеальном сочетание множества факторов, вероятность чего достаточно низка. Это значение служит скорее ориентиром.

129

.

	заводов)
Потенциальная выручка в 2035 году в ценах	Литий – 40-125 млрд руб. Батареи – 60-190 млрд руб.
2023 года	ЗМ – 1500-4400 млрд руб.

Составлено автором с использованием данных из [52, 147]

Происходит масштабирование производства, строительство новых «гигафабрик» и выход на экспортный потенциал. Потенциальные мощности по производству батарей в 2035 году составляют от 30 до 70 ГВт.ч.

На втором этапе достигается сборка ЭМ высокой степени локализации, что позволяет продавать локализованную продукцию с госсубсидиями внутри страны, тем самым дополнительно стимулируя экономику. Потенциальные мощности по производству электромобилей к 2035 году могут составить от 350 до 1000 тыс. единиц.

Совокупный объем инвестиций на втором этапе оценивается в 345-1090 млрд руб. за 7 лет (45-130 млрд руб. на развитие добычи лития; 50-230 млрд руб. – на производство батарей; 250-730 млрд руб. – производство ЭМ).

## 3.2.4.3. Этап 3. Реализация экспортного потенциала и извлечение выгод

На третьем этапе страна стремится выйти на высокий экспортный потенциал по литию, батареям и ЭМ, становясь одним из мировых лидеров в отрасли (табл. 3.5). Добыча лития достигает значительных объемов, с потенциальными мощностями до 340 тысяч тонн карбоната лития в 2035 году и 600 тысяч тонн карбоната лития в 2040 году.

Таблица 3.5. План реализации 3 этапа по развитию производства лития, батарей и электромобилей в России.

III			
Описание этапа	Выход на экспортный потенциал по литию, батареям и ЭМ. Роль одного из		
Временной горизонт	мировых лидеров отрасли. После 2035 года		
Потенциал добычи до 340 тыс. т лития в 2035 г. и 600 тыс. т лития			
Добыча лития	Полное удовлетворение собственных потребностей и потенциал экспорта		
	50-60% от добычи.		
Производство батарей	На экспорт может поставляться больше 30% батарей. Потенциальные мощности по производству в 2040 году от 43 до 130 ГВт.ч, в 2050 от 75 до 230 ГВт.ч.		
Производство ЭМ	Полностью локализованная сборка. Экспорт ЭМ. Потенциальные мощности по производству в 2040 году от 670 до 2000 тыс. ЭМ в 2050 от 1170 до 3500 тыс. ЭМ.		
Инвестиции	До 2040 года Литий — 100-400 млрд руб. Батареи — 150-350 млрд руб. ЭМ — 400-1100 млрд руб.		

	До 2050 года
	Батареи – 200-600 млрд руб.
	ЭМ – 600-1800 млрд руб.
	В 2040 году
	Литий – 90-395 млрд руб.
	Батареи – 95-280 млрд руб.
Потенциальная выручка в ценах 2023	ЭМ – 2100-6600 млрд руб.
года	
	В 2050 году
	Батареи – 190-500 млрд руб.
	ЭМ – 3900-12000 млрд руб.

Источник: Составлено автором с использованием данных из [52, 147]

Производство батарей продолжает расти, с потенциальными мощностями до 130 ГВт.ч в 2040 году и до 230 ГВт.ч в 2050 году. Большая часть батарей также становится предметом экспорта.

Производство ЭМ полностью локализовано, происходит отмена госсубсидий, наступает так называемый свободный рынок. Начинается экспорт ЭМ. Потенциальные мощности по производству электромобилей в 2040 году могут составить от 670 до 2000 тыс. единиц, а в 2050 году от 1170 до 3500 тыс. единиц.

Совокупный объем инвестиций на третьем этапе оценивается в 650-1850 млрд руб. за 10 лет до 2040 года (100-400 млрд руб. на развитие добычи лития; 150-350 млрд руб. – на производство батарей; 400-1100 млрд руб. – производство ЭМ).

В итоге экспортная выручка от добычи лития может даже превзойти черную металлургию, которая сейчас является пятой по величине экспортной выручки, и составить от 8,8 до 20,3 млрд долл. США в год [147].

Таким образом, эти три этапа развития позволяют стране достичь самообеспечения в металлах, создать собственные технологии и стать ведущим участником мирового рынка лития, батарей и электромобилей с потенциалом экспорта после 2030-2035 гг.

Реализация предложенных мер позволят России стать конкурентоспособным игроком на мировом рынке лития, батарей и электромобилей.

Перейдем к предложениям по стимулированию электромобилизации самого автомобильного парка, который должен идти параллельно с развитием промышленности, описанной выше.

#### 3.3. Предложения по электромобилизации автомобильного парка в России

Представляется, что зарождающийся электромобильный рынок – тот случай, когда для России может оказаться целесообразным его развитие, даже несмотря на то, что расширение использования электромобилей может привезти к снижению спроса на углеводородные топлива, являющиеся одним из основных продуктов национальной экономики (глава 2), а также на то, что этот рынок будет в существенной степени базироваться на импортных моделях, особенно на начальных этапах. Создание барьеров для прихода ЭМ в повседневную российскую жизнь не способно помешать глобальным автоконцернам прекратить выпуск традиционных автомобилей с ДВС (см. раздел 1.3.3).

Эти предложения показывают логику развития отрасли в стране через развитие потребительского рынка. В этом разделе будет приведен актуализированный анализ той парадигмы развития, которая была приведена в статье «Развитие рынка электромобилей в России как необходимое условие получения выгод от глобального тренда на электрификацию транспорта» [46]. Перейдем к нему.

#### 3.3.1. Этапность развития потребительского рынка электромобилей в России

Анализ мировой практики показывает, что развитие рынков ЭМ в различных странах имеет достаточно типовую логику с выделением трех этапов:

- 1. парадигма субсидирования: доля продаж ЭМ в новых автомобилях до 2-3%<sup>32</sup>, ЭМ дорогие, требуются субсидии потребителям;
- 2. парадигма перехода к массовому сегменту: продажи ЭМ резко растут до десятков процентов<sup>33</sup>, ЭМ успешно конкурируют с традиционными по цене, субсидии потребителям становятся дополнительным фактором;
  - 3. парадигма свободного рынка и извлечения выгод от электрификации транспорта.

Третий этап пока нигде в мире не был реализован и носит перспективный характер. Но прохождение целым рядом стран первых двух этапов позволило накопить понимание

<sup>33</sup> В европейских странах рост доли ЭМ в новых продажах с 2-5% до более 20% составил: в Норвегии – пять лет, в Исландии – четыре года, в Швеции – пять лет, в Финляндии – четыре года, в Дании – шесть лет, в Германии два года, в Нидерландах – семь лет. Длительный переход в ряде северных стран и Норвегии связан с их ранним развитием, когда ЭМ по своим техническим и экономическим характеристикам сильно отличались от современных ЭМ.

<sup>&</sup>lt;sup>32</sup> В большинстве стран мира, ориентированных на развитие ЭМ, этот период занимает от двух до восьми лет: Мир – восемь лет; Китай – семь лет; США – восемь лет, Европа – восемь лет (Германия – девять лет, Нидерланды – три года, Норвегия – два года). Нидерланды и Норвегия – лидеры в этом направлении, они сразу форсировали развитие рынка ЭМ.

алгоритмов происходящих процессов и наиболее эффективных механизмов, которые может применять государство для их поддержки [155, 156].

С учетом сказанного мы также предлагаем эшелонированный на три этапа подход по развитию электромобильного рынка в России (табл. 3.6).

Таблица 3.6. Трехэтапный подход к политике активной электромобилизации в России.

	Субсидируемая парадигма	Парадигма выхода на массовую электромобилизацию (10- 15% от продаж а/м)	Свободный рынок – электромобили становятся более привлекательными, чем автомобили с ДВС
Описание этапа	Подавляющая часть электромобилизации сосредоточена в Москве и крупных городах, а также в некоторых субсидируемых сегментах	Появление в продаже электромобилей среднего ценового сегмента, географическая экспансия электромобилизации в другие регионы	Эксплуатация электромобиля не более сложная, чем а/м с ДВС
Временной горизонт	До 2028 г.	2028-2035 гг.	После 2035 года
Объем продаж электромобилей	До 30-50 тыс. электромобилей в год (1-2% от продаж новых а/м)	до 150 тыс. электромобилей в год (около 10% от продаж новых а/м)	Свыше 150 тыс. электромобилей
Развитие зарядной инфраструктуры	Обеспечение медленных зарядок для жителей МКД; Создание каркасной сети быстрых зарядок на ключевых автомагистралях (1,5-2 тыс. станций)	Развитие зарядной инфраструктуры в крупных и средних городах	Решение в сфере регулирования, субсидии только в отдельные сегменты
Субсидии и льготы потребителю	1. Льготное или бесплатное быстрое оборудование медленных зарядок при приобретении электромобиля; 2. отказ от импортных пошлин на электромобили и сопутствующее оборудование; 3. обнуление транспортного налога; 4. бесплатные парковки; 5. право езды по выделенным линиям для общественного транспорта (ОТ)	Кредитные линии или субсидирование покупки массовых электромобилей (возможно российских)	Кредитные линии или субсидирование покупки только российских или локализованных электромобилей
Субсидии бизнесу	1. предоставление льгот на подключение к электросетям для зарядных станций;	Комплекс мер, направленных на поддержку производства электромобилей, их частей или сопутствующего оборудования, программного обеспечения в России	Льготы, связанные с производством на территории РФ (электромобили, зарядные станции, батареи), поддержка экспорта

Регуляторные и селективные меры	1. Госзакупки для чиновников (премиум автомобиль = среднего уровня электромобиль)  2. Таксопарки, каршеринги  3. Специальные решения по отдельным городам (Сочи, Крым, Калининград, ДВ, экономические зоны)  4. Стимулирование покупок массовых марок электромобилей  5. Субсидирование регистрации и лицензирования новых марок ЭМ на российском рынке	Стимулирования покупок ЭМ, с высокой степенью локализации.	Запрет на использование ДВС в некоторых сегментах
Затраты	5-10 млрд руб. на зарядную инфраструктуру; 10 млрд руб. – пропаганда и разработка нормативной базы; 10 млрд руб. – субсидии бизнесу 15-20 млрд руб. – субсидирование покупок	20 млрд руб. на зарядную инфраструктуру;  10 млрд руб. – пропаганда;  30-50 млрд руб. – субсидирование покупок	30-100 млрд руб. – поддержка инвестиций в производства или локализацию

### 3.3.1.1. Этап 1. Парадигма субсидирования ЭМ

Основной целью первого этапа является создание предпосылок, при которых будет возможно развитие массовой электромобилизации, а именно: построение минимально необходимой сети зарядок, а также появление первых «пользовательских опытов» владения ЭМ в достаточном для дальнейшей популяризации количестве.

Мировой опыт показывает, что внедрение ЭМ начинается с верхних ценовых сегментов, поскольку именно здесь в наименьшей степени выражены барьеры для электромобилизации: запас хода на одной зарядке выше, чем у более дешевых ЭМ массового сегмента; ценовая эластичность в этом сегменте незначительна; и, кроме того, более обеспеченные владельцы премиальных ЭМ зачастую имеют возможность установки индивидуальных зарядок (например, в загородном доме, отдельном гараже или бизнес-центре). Есть существенная вероятность, что так будет происходить и в России.

Рынок премиальных автомобилей в Москве и Санкт-Петербурге (лидирующие субъекты РФ по доле премиального сегмента – 15% и 13% соответственно [157]) оценивается на уровне 53 тыс. в год. Если предположить, что хотя бы 20% этого объема переключится на ЭМ (т.е. 10-11 тыс. – это не только личные, но и корпоративные автомобили, парк которых обновляется), этого будет недостаточно для достижения доли в 2,5% от общего объема рынка, которая, согласно

теории диффузии инноваций, необходима для первой стадии перехода новой технологии в массовое потребление.

Необходимо задействовать такие дополнительные решения, которые позволяли бы одновременно минимизировать слабые стороны электротранспорта и, при этом, обеспечивали бы «кучный» эффект. Представляется, что пристальное внимание здесь следует обратить на такие сферы использования автомобилей, которые характеризуются большим пробегом и наличием площадок базирования: такси, службы доставки, возможно каршеринг. Усилия по электрификации данных сфер:

- будут экономически эффективными, так как высокая начальная стоимость ЭМ будет «размазана» на высокий километраж итогового пробега, и поэтому удельная стоимость поездки будет на порядки ниже по сравнению с личным ЭМ. Конечно, тариф такси с условным названием «Электро» может оказаться несколько дороже сопоставимого тарифа на авто с ДВС, но может привлечь множество заинтересованных пользователей, которые не решаются переходить на личный ЭМ из-за их объективных неудобств, но готовы переплачивать за отдельные электрифицированные поездки;
- позволит организовать массовые заправочные пункты на их площадках базирования (таксопарки, зоны аренды/сдачи каршеринга, служебные стоянки);
- максимизируют позитивный экологический эффект электрификации транспорта, ведь объем выбросов вредных веществ зависит от расстояния пробега, а значит электрификация каждого автомобиля такси по своей полезности будет сопоставимо с переходом нескольких домохозяйств на личные ЭМ.

Согласно нашим оценкам, рынок автомобилей для такси и каршеринга в Москве, Санкт-Петербурге, Сочи можно оценить в 40 тыс. в год. Если ввести норму для такого бизнеса о необходимости перевести 20% всего парка на электрические модели (с введением специализированных мер поддержки), это позволит нарастить общий рынок ЭМ до 19-20 тыс. в год.

Тем не менее, существенный вклад (по крайней мере 20-21 тыс. ЭМ) в успешное прохождение первого этапа электрификации должны внести личные автомобили непремиального сегмента. Поскольку здесь эластичность по цене является более существенной, ЭМ необходимо приблизить к показателям экономической доступности и удобства, характерным для автомобилей с ДВС.

Для стимулирования потребителей предлагаются: субсидирование покупки ЭМ через скидки и/или специализированные льготные кредиты; обнуление транспортного налога на ЭМ; создание выгодных условий владения ЭМ (бесплатная парковка, возможность проезда по выделенным полосам для общественного транспорта); пропаганда и информирование населения; введение норм по доле электрифицированных автомобилей в сфере такси, каршеринга, служб доставки.

Для стимулирования бизнеса (автопроизводители, дилерские и сервисные центры, зарядный бизнес, другие коммерческие организации, задействованные в электромобилизации) необходимо преодолеть начальный барьер гарантирования определенных объемов продаж ЭМ (в том числе по каждой отдельной модели). Меры по стимулированию потребителей и созданию зарядной инфраструктуры<sup>34</sup> во многом будут способствовать снятию такого барьера. Дополнительно предлагается: обнуление таможенных пошлин на ввоз ЭМ; компенсация затрат на сертификацию ЭМ; специализированные льготные кредиты; разработка комплекса мер поддержки производства ЭМ, их комплектующих и сопутствующего оборудования в России.

Совокупный объем господдержки на первом этапе оценивается в 40-50 млрд руб. за 4-5 лет (5-10 млрд руб. на зарядную инфраструктуру; 10 млрд руб. – субсидии бизнесу; 15-20 млрд руб. – субсидии потребителю; 10 млрд руб. – пропаганда и популяризация).

## 3.3.1.2. Этап 2. Переход к массовому сегменту

По итогам первого этапа будет сформирован первый опыт использования, расширится линейка доступных на рынке ЭМ за счет более дешевых моделей с приемлемыми характеристиками, появится критичная зарядная инфраструктура, что существенно облегчит переход в массовый сегмент.

На втором этапе следует сохранить характер стимулирующих мер, однако экономическую поддержку потребителей необходимо ограничить массовым сегментом ЭМ (например, модели с ценой до 3 млн руб.).

Необходимо будет решать задачу массовой установки публичных зарядок в кварталах с многоквартирной застройкой (это могут быть медленные зарядки). Учитывая сложную инженерную инфраструктуру, данный процесс должен быть организован крупными энергоснабжающими компаниями и администрациями населенных пунктов.

<sup>&</sup>lt;sup>34</sup> подробная оценка стоимости создания базовой зарядной инфраструктуры для электромобилей в России приведена в приложение 3

Для обеспечения условий расширения спроса на ЭМ возможен перевод государственных закупок автомобилей на электрические модели (где это возможно). Также могут использоваться инструменты ограничения доступа автомобилей с ДВС в центральные регионы крупных городов, где практически отсутствует жилая застройка.

Поддержка бизнеса также должна быть донастроена для соответствия цели развития массового сегмента рынка ЭМ. Это может быть сделано через доопределение технических характеристик поддерживаемой продукции.

Совокупный объем господдержки в рамках второго этапа оценивается в 50-70 млрд руб. за 6-7 лет (20 млрд руб. на зарядную инфраструктуру; 30-50 млрд руб. – субсидирование покупок). Однако он даст более значительный эффект – доля ЭМ в продажа новых автомобилей в России должна вырасти до 10-15%.

# 3.3.1.3. Этап 3. Переход к свободному авторынку и извлечение выгод от электрификации транспорта

Третий этап связан с отменой подавляющего большинства субсидий и выходом на парадигму свободного конкурентного рынка. Роль государства на этом этапе — регуляторная. Второе направление — локализация добавленной стоимости в индустрии ЭМ на территории России. В России есть опыт эффективной организации таких процессов для автомобилей с ДВС, поэтому сможет повторно использовать наработанные инструменты. Третье направление — постепенное применение налогов и сборов для ЭМ по мере расширения их доли на рынке.

\* \* \*

Эффективное развитие рынка электрического автомобильного транспорта в России в логике адаптации лучших мировых практик могло бы опираться на следующие принципы.

- 1. Важно развивать электротранспорт в России в логике стадийного развития рынка. Реализация государственных программ при слабом развитии рынка в целом (и рыночного сегмента с частным спросом) с высокой вероятностью окажется неэффективной.
- 2. Нужно эшелонировать развитие рынка ЭМ в три этапа. На первом этапе необходимо сделать акцент на создании рынка достижении ежегодного объема продаж не менее 2,5% всех новых автомобилей, т.е. 40 тыс. ЭМ в год. На втором увеличить объем продаж ЭМ до 160-240 тыс. ед., что составит 10-15% всех продаж новых автомобилей. Объем государственных расходов для прохождения двух этапов оценивается на уровне 250-350 млрд.

руб. в период до 2030 г., причем 75-80% этой суммы пойдет на субсидирование приобретения новых ЭМ (на первом этапе это будут преимущественно импортные модели, но на втором – необходим упор на отечественные или частично локализованные ЭМ). На третьем этапе можно будет отказаться от субсидирования приобретения ЭМ (вследствие достижения паритета его стоимости с автомобилем на ДВС), а сосредоточиться на поддержке отечественных производителей ЭМ и оборудования для них, а также на развитии сети зарядных станций.

- 3. Помимо личного автотранспорта, существует ряд сегментов, электрификация которых является более простой с организационной точки зрения, но при этом она способна ускорить общий процесс развития рынка ЭМ в России. Речь идет об автомобилях такси, каршеринга, служб доставки, общественном транспорте.
- 4. Важное направление деятельности в развитии рынка ЭМ перечисленные в разделе организационные и регуляторные предложения. Без их использования эффекты от затрат на развитие инфраструктуры и стимулирование объема продаж будут существенно ниже.

В следующем разделе приведены новые предложения, которые сформированы с учетом тех вызовов, которые появились перед российской экономикой в 2022 году.

#### Выводы по третьей главе

В 3 главе работы показано, какая существует специфика автомобильного рынка России (холодный климат, преимущественно многоквартирная городская застройка, большие расстояние между населенными пунктами, особенности распределения плотности населения). Проанализирован опыт создания электромобилей в России, который на данный момент сложно назвать успешным, за исключением производства электробусов для Москвы. Принятая в 2021 году Концепция развития электротранспорта в России, возможно, поспособствует дальнейшему успешному развитию электромобильного рынка в стране за счет инвестиций в производство ЭМ и созданию зарядной инфраструктуры.

В разделе 3.3. представлены авторские предложения по развитию электромобилей, батарей и сырья для них внутри страны, что дополняет и углубляет меры и подходы, предложенные в Концепции.

Подход, предложенный в разделе, позволит построить новую высокотехнологичную отрасль, что, обеспечит российскую экономику производственными мощностями по выпуску отечественных автомобилей (преимущественно электромобилей), а также даст мощный толчок для развития множества смежных отраслей и позитивно скажется на всей экономике.

В предложениях основной акцент делается на разработке месторождений лития в России, а также производстве батарей. Это позволит сначала локализовать производство на сборочных предприятия (именно за счет локализации наиболее технологичных и труднодоступных на мировом рынке компонентов), а затем перейти на выпуск преимущественно отечественных электромобилей, которые не будут критически зависеть от зарубежных поставок. Также учитывается потенциал выхода на экспорт как в части батарей и сырья для их изготовления, так и готовых ЭМ.

На первом этапе до 2028 г. происходит формирование управленческого контура и комплексной поэтапной программы развития, запуск первых проектов по добыче лития внутри страны на уже разведанных месторождениях, а также дальнейшая геологоразведка и разработка технологий по добыче. Предложено запустить программы создания собственных инженерных школ по разработке батарей и привлечения специалистов для этого. Вводится 2-4 крупных (в основном сборочных) и 5-10 мелких заводов по производству ЭМ. В логике спроса потенциальные мощности по производству ЭМ могут составить от 170 до 350 тыс. ед. к 2028 году (10-20% от продаж всех автомобилей). Совокупный объем инвестиций по всем направлениям может составить около 400 млрд руб. за 4 года. Преимущественно это будут

частные инвестиции. Государству необходимо показать заинтересованность и простимулировать через принятие соответствующего законодательства и регулирования, а также возможные льготы. В логике замещения чистого импорта и большей локализации ЭМ по сравнению с традиционными автомобилями с ДВС это может дать прирост экономики.

На втором этапе планируется полное удовлетворение внутреннего спроса в литии, разработка собственных батарейных архитектур, высокая локализация сборки ЭМ. Потенциальные мощности по производству ЭМ могут составить более 500 тыс. к 2035 году (25-30% от продаж всех автомобилей). Совокупный объем инвестиций для этого 500-600 млрд руб. за 7 лет.

Третий этап подразумевает выход на экспортный потенциал по литию, батареям и ЭМ после 2035 года и роль одного из мировых лидеров отрасли. Совокупный объем дополнительных инвестиций может составить около 800 млрд руб. В итоге экспортная выручка от добычи лития может составить от 8,8 до 20,3 млрд долл. США в год в ценах 2023 г.

Эти три этапа развития позволят стране достичь самообеспечения в металлах и материалах для батарей, создать собственные технологии в сфере электромобилестроения и стать ведущим участником мировых рынков лития, батарей и электромобилей с потенциалом экспорта после 2035 гг., и сделать Россию конкурентоспособным игроком на мировых рынках.

Также в третьей главе показаны и проанализированы организационные и институциональные факторы, которые могут способствовать или сдерживать развитие электромобилизации в стране. Сюда входит субсидирование покупок ЭМ, снижение налоговой нагрузки на владельцев и пользователей ЭМ, бесплатная парковка, возможность использования выделенных полос и платных магистралей и прочие финансовые и нефинансовые меры.

#### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

По результатам проделанной работы сделаны следующие ключевые выводы, отражающие основные научные результаты диссертации:

1. Превращение ЭМ в массовую технологию (или переход в стадию «раннего большинства» в соответствии с теорией диффузии инноваций) подтверждается динамикой развития рынков ЭМ в мире. Глобальные продажи ЭМ составили 10 млн или 14% в 2022 году; 14 млн или 16% в 2023 г. При этом доля ЭМ в продажах новых легковых автомобилях достигла в ЕС ~21-22%, Китае ~27-33%, Норвегии ~88-91% в 2022-2023 гг., соответственно. Кроме того, в 2022-2023 гг. начался рост рынков ЭМ в ряде других стран. Например, в России в 2023 г. продажи новых ЭМ составили более 14 тыс. ед., что превысило 1% от совокупных продаж легковых автомобилей.

Инновационные прорывы, достигнутые в рамках этой технологии (значительный прирост КПД двигателя, емкости аккумуляторных батарей И пр.), совокупность инвестиционных решений частных автоконцернов, а также меры по поддержке ЭМ и ограничению автомобилей с ДВС со стороны правительств следует интерпретировать как дополнительные индикаторы перехода мирового автопрома в новую стадию развития на базе принципиально иных технологических решений. Эти аргументы позволяют говорить об оправданности использования в диссертационном исследовании модифицированного критерия технологического перехода.

Разработанная в ходе диссертационного исследования имитационная модель, которая содержит большое число параметров (детализированная структура автопарков, удельная потребность в металлах, необходимых для производства автомобилей разных типов, удельная потребность в нефтепродуктах и электроэнергии), позволила получить сценарные отражающие порожденные прогнозные оценки, структурные сдвиги, процессами электромобилизации автотранспорта. Во-первых, удалось оценить прогнозную структуру автопарков в различных регионах мира и России на период до 2050 г., в т.ч. в разрезе ключевых классов автомобилей. При этом было показано, что доля ЭМ в автопарках ключевых регионов мира преодолеет отметку в 50% уже в период между 2040 г. и 2050 г. Во-вторых, с помощью модели удалось показать, что в период до 2050 г. произойдет резкий скачок спроса на некоторые металлы. Так, глобальный рыночный спрос на литий вырастет примерно в 9 раз, на кобальт – в 8 раз, на никель – в 4 раза. В-третьих, с помощью модели было спрогнозировано сокращение

глобального спроса на нефть и нефтепродукты к 2050 году, которое при этом будет варьироваться в разных сценариях развития электромобилизации в диапазоне от 21% до 31%.

- 3. В рамках диссертационного исследования были разработаны предложения по электромобилизации в РФ с учетом специфики российской экономики и рынка электромобилей. На базе мирового опыта были предложены и обоснованы основные направления развития отрасли по выпуску ЭМ и меры по ее поддержке. В частности, было предложено трехэтапное эшелонирование мер по электромобилизации России с выходом на создание полноценных новых отраслей промышленности (в части выпуска ЭМ, батарей, зарядных станций для них, создания утилизационных мощностей для отработавших батарей) с оценкой необходимых инвестиционных затрат и потенциальных будущих выгод. Также была оценена стоимость создания каркасной зарядной инфраструктуры в региональном разрезе. Кроме того, было показано, что в условиях санкционных ограничений развитие собственной добычи лития, а также производства батарей и ЭМ может стать важнейшим направлением эффективного развития отечественной промышленности, которое позволит решать задачу низкоэмиссионного развития [158, 159] и задачу выхода на внешние рынки с новыми экспортными товарами с высокой добавленной стоимостью.
- 4. Также в диссертации были предложены меры по адаптации российской нефтяной отрасли на прогнозируемое сокращение спроса на нефть и нефтепродукты на основных мировых рынках, позволяющие предотвратить или сгладить негативные эффекты ожидаемого снижения экспортных поставок на ключевые рынки. В частности, в ходе исследования были обоснованы следующие адаптационные меры: расширение географии экспортных поставок; диверсификация линейки выпускаемых продуктов с учетом структуры спроса на развивающихся рынках, увеличение доли выпуска нефтехимической продукции, а также диверсификации бизнеса нефтяных компаний за счет выхода на рынки, связанные с внедрением ЭМ. Например, было показано, что значимый эффект для российских нефтяных компаний может дать создание и развитие сети электрозарядных станций и сопутствующих бизнесов на основе существующей сети традиционных заправок.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Albatayneh A., Assaf M. N., Alterman D., Jaradat M. Comparison of the Overall Energy Efficiency for Internal Combustion Engine Vehicles and Electric Vehicles. Environmental and Climate Technologies, vol.24, no.1, 2020, pp.669-680. https://doi.org/10.2478/rtuect-2020-0041
- 2. Концепция по развитию производства и использования электрического автомобильного транспорта в Российской Федерации на период до 2030 года. http://static.government.ru/media/files/bW9wGZ2rDs3BkeZHf7ZsaxnlbJzQbJJt.pdf
- 3. Parkes R. Passenger cars accounted for 80% of hydrogen vehicle sales in 2022 but that share is shrinking. Hydrogeninsight. 2023. https://www.hydrogeninsight.com/transport/passenger-cars-accounted-for-80-of-hydrogen-vehicle-sales-in-2022-but-that-share-is-shrinking/2-1-1394857
- 4. Gül T., Turk D. и др. The Future of Hydrogen. IEA. 2019. https://iea.blob.core.windows.net/assets/9e3a3493-b9a6-4b7d-b499-7ca48e357561/The Future of Hydrogen.pdf
- 5. Falco D., Berthon C.-F. Technical, economic, social and regulatory barriers to the development of H2 as a fuel for water transport. Interreg. 2022. https://vb.nweurope.eu/media/19488/h2ships\_t211\_barriers-to-developmt-of-h2-fuel-in-water-transport.pdf
- 6. Ustolin F., Campari A., Taccani R. An Extensive Review of Liquid Hydrogen in Transportation with Focus on the Maritime Sector. J. Mar. Sci. Eng. 2022, 10(9), 1222. DOI: 10.3390/jmse10091222
- 7. Ruf Y., Zorn T., Akcayoz De Neve P. и др. Study on the use of fuel cells and hydrogen in the railway environment. Publications Office of the European Union, 2019. DOI:10.2881/495604
- 8. Scott M., Clarke H. Analysing the costs of hydrogen aircraft. Transport & Environment. 2023. https://www.transportenvironment.org/wp-content/uploads/2023/05/Study-Analysing-the-costs-of-hydrogen-aircraft.pdf
- 9. Eden J. EU Approves 2035 Ban on Internal Combustion Engines. Energy Intelligence Group. 2023. https://www.energyintel.com/00000187-28b5-df45-a9df-7cf51aac0000#:~:text=The%20EU%20will%20officially%20ban,Council%20adopted%20the%20prop osal%20Tuesday
- 10. Kirsch D. A. The Electric Car and the Burden of History: Studies in Automotive Systems Rivalry in America, 1890-1996. Cambridge University Press Vol. 26, No. 2, pp. 304-310. https://www.jstor.org/stable/23703016

- 11. Schumpeter J. A. Capitalism, socialism and democracy. 1943. ISBN 0-415-10762-8. https://periferiaactiva.files.wordpress.com/2015/08/joseph-schumpeter-capitalism-socialism-and-democracy-2006.pdf
- 12. Sahin I. Detailed review of Rogers' diffusion of innovations theory and educational technology-related studies based on Rogers' theory. The Turkish Online Journal of Educational Technology. ISSN: 1303-6521 volume 5 Issue 2 Article 3. 2006. https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED501453.pdf
- 13. Terry O. Disruption Innovation and Theory. Journal of Service Science and Management, 13, 449-458. 2020. DOI: 10.4236/jssm.2020.133030.
- 14. Silvano de Souza Ferreira W., Vasconcellos Vale G. M., Silva Corrêa V. Diffusion of Innovation in Technological Platforms: The Uber Case. ANPAD. 2022. DOI: 10.1590/1807-7692bar2022210101
- 15. Richter F.-J. Sinha G. Why Do Your Employees Resist New Tech? Harvard Business Review. 2020. https://hbr.org/2020/08/why-do-your-employees-resist-new-tech
- 16. Wei H.-L., Hai C.-Y., Zhu S.-Y. и др. The Impact of Consumers' Choice Deferral Behavior on Their Intertemporal Choice Preference. Front. Psychol. 12:555150. 2021. DOI: 10.3389/fpsyg.2021.555150
- 17. Лузгина Ю. В. Теория потребительского выбора и её применение. Журнал Современные проблемы права, экономики и управления. 2019. Стр. 202-206. ISSN: 2414-3847eISSN: 2414-3847
- 18. Watson J. B. Psychology as the Behaviorist Views It. Psychological Review. 20 (2): 158–177. 1913. DOI:10.1037/h0074428.
- 19. Ростовский Й.-К. Маркетинговый анализ поведения потребителя при покупке экологически чистых автомобилей. І Всероссийский форум молодых исследователей социальных наук ІІ Молодежная научно-практическая конференция исследователей социальных наук. ВолНЦ РАН ISBN 978-5-93299-556-3.
- 20. Егоров И. А., Кондратьев В. Ю. Методика анализа совокупной стоимости владения (TCO). Инновации и инвестиции. №11. 2022. https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-analiza-sovokupnoy-stoimosti-vladeniya-tco/viewer
- 21. Ростовский Й.-К. Экономический анализ рынков электромобилей в мире и крупнейших странах и регионах. Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. 2020. № 18. С. 201-218.

- 22. Weißbach D., Ruprecht G., Huke A., и др. Energy intensities, EROIs (energy returned on invested), and energy payback times of electricity generating power plants, Energy, Volume 52, 2013, Pages 210-221, ISSN 0360-5442, DOI: 10.1016/j.energy.2013.01.029.
- 23. Hall Charles A. S., Lambert Jessica G., Balogh Stephen B. EROI of different fuels and the implications for society, Energy Policy, Volume 64, 2014, Pages 141-152, ISSN 0301-4215, DOI: 10.1016/j.enpol.2013.05.049.
- 24. Колпаков, А. Ю., Галингер А. А. Экономическая эффективность распространения электромобилей и возобновляемых источников энергии в России. Вестник российской академии наук. 2020, том 90, № 2, с. 128–139. DOI: 10.31857/S086958732002005X
- 25. Kane M. Tesla Model S Charged By Diesel Generator More Efficient Than ICE INSIDEEVs. 2018. https://insideevs.com/news/336627/tesla-model-s-charged-by-diesel-generator-more-efficient-than-ice-w-video/
- 26. Raftery T. Seven Reasons Why The Internal Combustion Engine Is A Dead Man Walking. Forbes. 2018. https://www.forbes.com/sites/sap/2018/09/06/seven-reasons-why-the-internal-combustion-engine-is-a-dead-man-walking-updated/?sh=5125e0a603fe
- 27. Сюняев М. Как работает электромобиль? Ключевые компоненты, сравнение. Знание свет. 2021. https://znanie-svet.ru/kak-rabotayet-elektromobil/
- 28. Выгон, Г., Белова М., Колбикова Е. Электропривод vs ДВС: когда ждать полноценной конкуренции? 2016. https://vygon-consulting.ru/upload/iblock/07d/vygon consulting electricvehicles2016.pdf
- 29. Schmidt B. EV battery costs, and emissions, fall dramatically as capacity increases. The Driven. 2019. https://thedriven.io/2019/12/06/ev-battery-costs-and-emissions-fall-dramatically-as-capacity-increases/.
- 30. Goldie-Scot L. A Behind the Scenes Take on Lithium-ion Battery Prices. BNEF. 2019. https://about.bnef.com/blog/behind-scenes-take-lithium-ion-battery-prices/
- 31. TREFIS. A Closer Look At Tesla's Battery Costs. 2023. https://www.trefis.com/data/companies/TSLA/no-login-required/pNkbHhrb/A-Closer-Look-At-Tesla-s-Battery-

Costs#:~:text=While%20battery%20costs%20are%20viewed,2016%20to%20%24110%20in%202020

32. Ayre J. Tesla Gigafactory & Battery Improvements Could Cut Battery Costs 50%. CleanTechnica. 2015. https://cleantechnica.com/2015/09/21/tesla-gigafactory-battery-improvements-could-cut-battery-costs-70/

- 33. Ростовский Й.-К. Анализ развития зарядной инфраструктуры для электромобилей в РФ и мире. Инфраструктура пространственного развития РФ: транспорт, энергетика, инновационная система, жизнеобеспечение. Монография. Новосибирск, 2020. С. 256-273.
- 34. Henze V. Lithium-ion Battery Pack Prices Rise for First Time to an Average of \$151/kWh. BNEF. 2022. <a href="https://about.bnef.com/blog/lithium-ion-battery-pack-prices-rise-for-first-time-to-an-average-of-151-kwh/">https://about.bnef.com/blog/lithium-ion-battery-pack-prices-rise-for-first-time-to-an-average-of-151-kwh/</a>
- 35. Nicholas M. Estimating electric vehicle charging infrastructure costs across major U.S. metropolitan areas. ICCT. 2019. https://theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT\_EV\_Charging\_Cost\_20190813.pdf
- 36. Старинская Г. Как в России устроен рынок A3C. Ведомости, 2017. https://www.vedomosti.ru/business/articles/2017/10/13/737707-kak-ustroen-rinok-azs.
- 37. Mastoi M. S., Zhuang S., Mudassir Munir H., и др. An in-depth analysis of electric vehicle charging station infrastructure, policy implications, and future trends, Energy Reports, Volume 8, 2022, Pages 11504-11529, ISSN 2352-4847, DOI: 10.1016/j.egyr.2022.09.011.
- 38. Кириченко, Л. П. К431 Теория отраслевых рынков : учеб, пособие / Л. П. Кириченко, БРТ. В. Возбранная. Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», БРД 2012.- 163 с. ISBN 978-5-7765-0970-4
- 39. EVESCO. Levels of EV charging. 2023. https://www.power-sonic.com/blog/levels-of-ev-charging/
- 40. LeVine S. Why Better Place failed with swappable batteries—and your cars might just use them one day. QZ. 2013. https://qz.com/88871/better-place-shai-agassi-swappable-electric-carbatteries/
- 41. Gül T., Fernandez Pales A. Connelly E. и др. Global EV Outlook 2023. IEA. 2023. https://iea.blob.core.windows.net/assets/dacf14d2-eabc-498a-8263-9f97fd5dc327/GEVO2023.pdf
- 42. Sanders M. European Union and UK Automotive ICE vs EV Total Cost of Ownership. Nickel Institute. 2021. https://nickelinstitute.org/media/8d9058c08d2bcf2/avicenne-study-tco-eu-and-uk-automotive.pdf
- 43. Sanders M. Asia Pacific Automotive ICE vs EV Total Cost of Ownership. Nickel Institute. 2021. https://nickelinstitute.org/media/8d993d1b8165b23/tco-asia-pacific-automotive.pdf
- 44. Sanders M. North American Automotive EV vs ICE Total Cost of Ownership. Nickel Institute. 2021. https://nickelinstitute.org/media/8d993d0fd3dfd5b/tco-north-american-automotive-final.pdf
- 45. Irle R. Global EV Sales for 2022. EV-volumes.com. 2023. https://www.ev-volumes.com/

- 46. Семикашев В. В., Колпаков А. Ю., Яковлев А.А., Ростовский Й.-К. Развитие рынка электромобилей в России как необходимое условие получения выгод от глобального тренда на электрификацию транспорта // Проблемы прогнозирования. 2022. No 3(192). С. 52-63. DOI: 10.47711/0868-6351-192-52-63
- 47. Mock P., Diaz S., Bernard Y. и др. European vehicle market statistics. Pocketbook 2020/21. ICCT.

https://theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT EU Pocketbook 2020 Web Dec2020.pdf

48. Gül T., Fernandez Pales A. Paoli L. и др. Global EV Outlook 2022. IEA. 2022. https://iea.blob.core.windows.net/assets/ad8fb04c-4f75-42fc-973a-

6e54c8a4449a/GlobalElectricVehicleOutlook2022.pdf

- 49. Apelt S., Zamorano-Gañán. The Impact of R&D Investment on Economic Performance: A Review of the Econometric Evidence. OECD. 2015. A. https://one.oecd.org/document/DSTI/EAS/STP/NESTI(2015)8/en/pdf
- 50. Pallister B. How Much Should You Spend on R&D and New Product Development? Innovolo Group. 2022. https://innovolo-group.com/innovation-en/innovation-insights-en/how-much-should-you-spend-on-rd-and-new-product-development/
- 51. Brennan T., Ernst P., Katz J. и др. Building an R&D strategy for modern times. McKinsey. 2020. https://www.mckinsey.com/capabilities/strategy-and-corporate-finance/our-insights/building-anr-and-d-strategy-for-modern-times
- 52. Lienert P. A Reuters analysis of 37 global automakers found that they plan to invest nearly \$1.2 in electric vehicles and batteries through 2030. Reuters. 2022. https://www.reuters.com/graphics/AUTOS-INVESTMENT/ELECTRIC/akpeqgzqypr/
- 53. Lienert P., Bellon T. Exclusive: Global carmakers now target \$515 billion for EVs, batteries. Reuters. 2021. https://www.reuters.com/business/autos-transportation/exclusive-global-carmakers-now-target-515-billion-evs-batteries-2021-11-10/
- 54. Lienert P., Chan C. A Reuters analysis of 29 global automakers found that they are investing at least \$300 billion in electric vehicles, with more than 45 percent of that earmarked for China. Reuters. 2019. https://www.reuters.com/graphics/AUTOS-INVESTMENT-

ELECTRIC/010081ZB3HD/index.html

55. Crider J. Tesla Is A Tech Company — Here's Why. CleanTechnica. 2020. https://cleantechnica.com/2020/02/06/tesla-is-a-tech-company-heres-why/

- 56. Waterworth D. Is Toyota Circling The Drain? Will It Take Japan With It? CleanTechnica. 2023. https://cleantechnica.com/2023/02/03/is-toyota-circling-the-drain-will-it-take-japan-with-it/
- 57. Лобода В. Рынок новых электромобилей в России в 2022 году установил рекорд. Автостат. 2023. https://www.autostat.ru/news/53604/
- 58. EXPOCAR. Как развивается сфера электромобилей в России. 2023. vc.ru. https://vc.ru/transport/667313-kak-razvivaetsya-sfera-elektromobiley-v-rossii
- 59. Тимерханов А. Рынок новых электромобилей за 10 месяцев 2022 года вырос на треть. Автостат. 2022. https://www.autostat.ru/infographics/53166/
- 60. ТАСС. Количество зарегистрированных в РФ электромобилей увеличивается на 130 в неделю. ТАСС. 2022. https://tass.ru/ekonomika/16459721
- 61. Антонов С. Сколько в России электромобилей И как развивается инфраструктура для них. Тинькофф журнал. 2023. https://shorturl.at/yQZ36
- 62. Lambert F. VW ends production of electric e-Golf in favor of new ID.3. electrek. 2020. https://electrek.co/2020/12/23/vw-ends-production-electric-e-golf-favor-id3/
- 63. Ahmadian A., Sedghi M., Elkamel A. и др. Plug-in electric vehicle batteries degradation modeling for smart grid studies: Review, assessment and conceptual framework, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 81, Part 2, 2018, Pages 2609-2624, ISSN 1364-0321, DOI: 10.1016/j.rser.2017.06.067.
- 64. Yurday E. A Study on Real-Life Tesla Battery Deterioration. NimbleFins. 2023. https://www.nimblefins.co.uk/study-real-life-tesla-battery-deterioration
- 65. Тальнова А. Как я купила электромобиль И экономлю больше 100 тысяч рублей в год. Тинькофф журнал. 2022. https://journal.tinkoff.ru/elektro/
- 66. ВЦИОМ. Электромобили: за и против. ВЦИОМ. 2021. https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/ehlektromobili-za-i-protiv?ysclid=lawivi296n41440531
- 67. Ростовский Й.-К. Влияние развития электромобилей на потребление энергоресурсов: риски и возможности для экономики России. Проблемы прогнозирования. 2023. № 3 (198). С. 106-119.
- 68. Gaigbe-Togbe V., Bassarsky L., Gu D., Spoorenberg T и др. World Population Prospects 2022. UN.

https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/files/wpp2022\_sum mary of results.pdf

- 69. World Bank. Global Economic Prospects. 2023. World Bank. DOI:10.1596/978-1-4648-1951-
- 3. https://openknowledge.worldbank.org/server/api/core/bitstreams/6e892b75-2594-4901-a036-46d0dec1e753/content
- 70. International Monetary Fund. World Economic Outlook: A Rocky Recovery. International Monetary Fund. 2023. https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2023/04/11/world-economic-outlook-april-2023
- 71. Buehler R. 9 Reasons the U.S. Ended Up So Much More Car-Dependent Than Europe. Bloomberg. 2014. https://www.bloomberg.com/news/articles/2014-02-04/9-reasons-the-u-s-ended-up-so-much-more-car-dependent-than-europe
- 72. Plumer B. How U.S. Fuel Economy Standards Compare With the Rest of the World's. The New York Times. 2018. https://www.nytimes.com/interactive/2018/04/03/climate/us-fuel-economy.html?mtrref=undefined&gwh=85066DC87846698CAF5BEA00D1861A9B&gwt=pay&asset Type=PAYWALL
- 73. Davis S. C., Boundy R. G. Transportation energy data book: edition 39. Oak Ridge National Laboratory. 2021. https://tedb.ornl.gov/wp-content/uploads/2021/02/TEDB\_Ed\_39.pdf
- 74. Singhi R. Does the EV Revolution Pose a Serious Threat to the Oil Industry? 2023. https://www.nasdaq.com/articles/does-the-ev-revolution-pose-a-serious-threat-to-the-oil-industry
- 75. Нуреев Р. М., Кондратов Д. И. Рынок легковых автомобилей: вчера, сегодня, завтра. Журнал институциональных исследований. Том 2, № 3. 2010. https://economics.hse.ru/data/2012/12/11/1248924121/%D0%A0%D1%8B%D0%BD%D0%BE%D0 %BA%20%D0%BB%D0%B5%D0%B3%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D1%85%20%D0 %B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0%BB%D0%B5%D0 %B9.pdf
- 76. Ростовский Й.-К. Электромобили и ВИЭ. Симбиоз, без которого невозможен энергопереход. Возобновляемые источники энергии и приоритеты научно-технологического развития энергетики России / Сборник докладов Школы молодых ученых. М., ИНЭИ РАН. 2022. С. 180-184. ISBN 978-5-91438-034-9.
- 77. Dupray V., Otto P., Yakovlev A. The future of mobility. IPSOS. 2019. https://www.ipsos.com/sites/default/files/ct/publication/documents/2019-11/the-future-of-mobility-autonomous-electric-shared.pdf
- 78. Ksenofontov M.Y., Milyakin S.R. Prospects for motorization and energy markets in the context of fully autonomous vehicles spread. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 819. 2020.

- 012004 DOI:10.1088/1757-899X/819/1/012004. https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/819/1/012004
- 79. McKerracher C. Hyperdrive Daily: The EV Price Gap Narrows. Bloomberg. 2022. https://www.bloomberg.com/news/newsletters/2021-05-25/hyperdrive-daily-the-ev-price-gap-narrows
- 80. Reka S., Venugopal P., Ravi V. and others. Analysis of Electric Vehicles with an Economic Perspective for the Future Electric Market // Future Internet. 2022. No. 14 (6). P.172. DOI: 10.3390/fi14060172. URL: https://www.mdpi.com/1999-5903/14/6/172/
- 81. Ростовский Й.-К., Галкин Н.А. Прогноз мощностей по выпуску электромобилей до 2050 года с учетом возможных ограничений при производстве батарей / Материалы XXIII Всероссийского симпозиума «Стратегическое планирование и развитие предприятий», секция 5 «Проблемы прогнозирования деятельности предприятий»: Москва, 12-13 апреля 2022 г. / под ред. чл.-корр. РАН Г.Б. Клейнера. М., ЦЭМИ РАН, 2022. С. 510-512. DOI: 10.34706/978-5-8211-0802-9-s5-11.
- 82. Keating D. Did Germany just kill the electric car? Energy Monitor. 2023. https://www.energymonitor.ai/transport/did-germany-kill-the-electric-car/
- 83. Atiyeh C. Everything You Need to Know about the VW Diesel-Emissions Scandal. Car and Driver. 2019. https://www.caranddriver.com/news/a15339250/everything-you-need-to-know-about-the-vw-diesel-emissions-scandal/
- 84. Virta. Vehicle-to-grid (v2g): everything you need to know. Virta. 2023. https://www.virta.global/vehicle-to-grid-v2g
- 85. Lamikanra B., Young J. Payment Developments in Africa. 2016. https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/ng/pdf/dealadvisory/ng-KPMG-Payment-Developments-in-Africa-Volume-2.pdf
- 86. AfricaNenda. The state of instant payments in Africa: progress and prospects. AfricaNenda. 2021. www.africanenda.org/uploads/files/211005\_AfricaNenda-Instant-Payments-in-Africa-Report vF-1.pdf
- 87. Klein A. China's digital payments revolution. Brookings Institution 2020. https://www.brookings.edu/wp-
- content/uploads/2020/04/FP\_20200427\_china\_digital\_payments\_klein.pdf
- 88. Stringer D., Park K. Why an Electric Car Battery Is So Expensive, For Now. Bloomberg. 2021. https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-09-16/why-an-electric-car-battery-is-so-expensive-for-now-quicktake?leadSource=uverify%20wall

- 89. Mathieu L., Mattea C. From dirty oil to clean batteries. Transport & Environment. 2021. https://www.transportenvironment.org/wp-content/uploads/2021/07/2021 02 Battery raw materials report final.pdf
- 90. Sommerville R., Zhu P., Ali Rajaeifar M. and others. A qualitative assessment of lithium ion battery recycling processes // Resources, Conservation and Recycling. 2021. Vol. 165. 105219. DOI: 10.1016 j.resconrec. 2020. 105219.

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344920305358?via%3Dihub

- 91. Cagatay C. How long should an electric car's battery last? MYEV. 2023. https://www.myev.com/research/ev-101/how-long-should-an-electric-cars-battery-last
- 92. Stringer D., Ma J. Where 3 Million Electric Vehicle Batteries Will Go When They Retire / Bloomberg. 28.06.2018. https://www.bloomberg.com/news/features/2018-06-27/where-3-million-electric-vehicle-batteries-will-go-when-they-retire
- 93. Garside M. Mine production of lithium worldwide from 2010 to 2022. Statista. 2023. https://www.statista.com/statistics/606684/world-production-of-lithium/
- 94. Garside M. Global nickel production volume from mines 2010-2022. Statista. 2023. https://www.statista.com/statistics/260748/mine-production-of-nickel-since-2006/
- 95. Garside M. Production volume of cobalt from mines worldwide from 2010 to 2022. Statista. 2023. https://www.statista.com/statistics/339759/global-cobalt-mine-production/#:~:text=In%202022%2C%20the%20total%20worldwide,in%20the%20period%20of%20c onsideration.
- 96. Kane M. EV Battery Market: LFP Chemistry Reached 31% Share In September. InsideEVs. 2022. https://insideevs.com/news/628303/ev-battery-lfp-share-september2022/
- 97. Wang B. CATL Will Mass Produce Sodium-Ion Batteries in 2023'. Next Big Future. 2022. https://nextbigfuture.com/2022/10/catl-will-mass-produce-sodium-ion-batteries-in-2023.html
- 98. TWI-Global. What are technology readiness levels (TRL)? TWI-Global. 2023. https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/technology-readiness-levels
- 99. Zhang B. CATL, BYD's sodium-ion batteries both to be in mass production within this year, report says. CnEVPost. 2023. https://cnevpost.com/2023/04/20/catl-byd-sodium-ion-batteries-mass-production-this-year-report/
- 100. ЦБ РФ. Экспорт Российской Федерации основных энергетических товаров. ЦБ РФ. 2022 https://www.cbr.ru/statistics/macro\_itm/svs/export\_energy/

- 101. Дзядко Т., Ткачёв И. Европа ввела эмбарго на российские нефтепродукты. РБК. 2023. https://www.rbc.ru/business/04/02/2023/63dbe6d69a79477ac5a41d99
- 102. Тихонов С. Российская нефть поедет в Европу обходными путями. Российская газета. 2023. https://rg.ru/2023/02/27/marshrut-perestroen.html
- 103. OEC. Russia. OEC. 2023. https://oec.world/en/profile/country/rus
- 104. Романова Л. Минфин ждет долю доходов бюджета от продажи нефти и газа в 2022 году выше 40%. 2022. https://www.vedomosti.ru/economics/articles/2022/06/20/927599-minfin-byudzheta-prodazhi-nefti
- 105. McGlade C., Waldron M. Gould T. The Oil and Gas Industry in Energy Transitions. IEA. 2020. iea.blob.core.windows.net/assets/4315f4ed-5cb2-4264-b0ee-
- $2054fd34c118/The\_Oil\_and\_Gas\_Industry\_in\_Energy\_Transitions.pdf$
- 106. Beck C., Kar J. The big choices for oil and gas in navigating the energy transit. McKinsey.
- 2021. https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/the-big-choices-for-oil-and-gas-in-navigating-the-energy-transition
- 107. International Labour Organization. The future of work in the oil and gas industry. International Labour Organization. 2022. www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed\_dialogue/---sector/documents/publication/wcms\_859846.pdf
- 108. Gordon M., Galimberti C., Anand B. и др. Sustainability shift Oil's future in the energy transition.

  S&P Global. 2020.

 $https://www.spglobal.com/commodityinsights/plattscontent/\_assets/\_files/en/specialreports/oil/sustain ability-shift.pdf$ 

- 109. Fitzgibbon T., Jan Simons T., Szarek G., и др. From crude oil to chemicals: How refineries can adapt to shifting demand. McKinsey. 2022. https://www.mckinsey.com/industries/chemicals/our-insights/from-crude-oil-to-chemicals-how-refineries-can-adapt-to-shifting-demand
- 110. Smith R. The Refinery of the Future: A dynamic investment outlook as multi-billion-dollar green capex spend looms. S&P Global. 2021. https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/ci/research-analysis/the-refinery-of-the-future.html#:~:text=Dozens%20of%20refineries%20will%20close,of%20refined%20products%20in% 202050
- 111. Gerasimchuk O. Taking Action on Climate Change: Why Traditional Oil and Gas Companies are Diversifying Their Portfolio and Entering the Renewable Energy Business. WPC Energy. 2020.

- http://www.world-petroleum.org/latest-news/499-taking-action-on-climate-change-why-traditional-oil-gas-companies-are-diversifying-their-portfolio-and-entering-the-renewable-energy-business
- 112. López A., Ure A., Wolf A., Galante M., и др. What future role for conventional refineries in the decarbonisation transition? Transport &Environment. 2022. https://www.transportenvironment.org/wp-content/uploads/2023/01/ED15882-Ricardo-refineries-study-for-TE-Final-report-15Jul2022-2.pdf
- 113. Carlier M. Electric car spending worldwide between 2017 and 2022, by consumers and government. Statista. 2023. https://www.statista.com/statistics/1312334/global-spending-on-electric-cars-by-spender/
- 114. Kohn E., Huang C., Kong N., Hardman S. Electric Vehicle Incentives in 15 Leading Electric Vehicle Markets. UC Davis. 2022. https://escholarship.org/content/qt0tn2p4x6/qt0tn2p4x6.pdf
- 115. Дежина И. Г., Раднабазарова С. Ж. Стимулирование спроса на электромобили в мире и российский контекст. Мировая экономика и международные отношения, 2022, том 66, № 7, стр. 55-65. DOI: 10.20542/0131-2227-2022-66-7-55-65
- 116. Sierzchula W., Bakker S., Maat K., van Wee B. The Influence of Financial Incentives and Other Socio-Economic Factors on Electric Vehicle Adoption. Energy Policy, 2014, vol. 68, pp. 183-194. DOI: 10.1016/j.enpol.2014.01.043
- 117. Ростовский Й.-К., Чакватадзе В. В. Как стала возможна электромобильная революция в Норвегии. Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. 2023. Т. 21. № 1. С. 100-116.
- 118. ЗаРулем. Электрический ИЖ Комби от «калашникова» наш ответ Тесле! ЗаРулем. 2018. https://www.zr.ru/content/news/913581-ehlektricheskij-izh-kombi-ot-kal/
- 119. Худякова Д. Эксперт: Использовать электробусы с короткими интервалами невыгодно. Российская газета. 2022. https://rg.ru/2022/10/12/ekspert-ispolzovat-elektrobusy-s-korotkimi-intervalami-nevygodno.html
- 120. Киселева В. Рынок электроавтомобилей: анализ, перспективы, ситуация в России. VC.ru. 2021. https://vc.ru/u/798640-varvara-kiseleva/241028-rynok-elektroavtomobiley-analiz-perspektivy-situaciya-v-rossii
- 121. V1.ru. Рассекречен первый «Москвич»: столичный завод начал выпуск кроссовера на замену Renault Duster. V1.ru. 2022. https://bit.ly/3UDIhOc

- 122. Игнатьева А.В. России назревает проблема в производстве литий-ионных аккумуляторных батарей. Neftegaz.ru. 2022. https://neftegaz.ru/news/Oborudovanie/733668-v-rossii-nazrevaet-problema-v-proizvodstve-litiy-ionnykh-akkumulyatornykh-batarey/
- 123. Gilani I. Vast lithium reserves to transform Afghanistan from aid to trade economy. AA. 2021. https://bit.ly/3P3pVVF
- 124. Farhadi A., Bekdash A. Afghanistan's Lithium as Strategic U.S. Focus in the Great Power Competition // The Great Power Competition. Vol. 1. 22.06.2021. DOI: 10.1007/978-3-030-64473-4\_3 https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-64473-4\_3
- 125. Смертина П. «Росатом» аккумулирует литий. Коммерсант. 2022 https://www.kommersant.ru/doc/4919729
- 126. Решетникова Д. Часть имущества построенного «Роснано» завода «Лиотех» выставили на торги за 230 млн рублей. Коммерсант. 2022 https://www.kommersant.ru/doc/5760899
- 127. Львова А. В России запустят первое серийное производство электрогрузовиков. Ведомости. 2021.https://www.vedomosti.ru/business/articles/2021/02/23/859003-rossii-zapustyat
- 128. Хасанова А. Росатом открыл в Москве серийное производство литий-ионных аккумуляторов. Neftegaz.ru. 2022. https://neftegaz.ru/news/Oborudovanie/762783-rosatom-otkryl-v-moskve-seriynoe-proizvodstvo-litiy-ionnykh-akkumulyatorov/
- 129. Шаповалова А. Росатом начал строить первую в России «гигафабрику» накопителей энергии. Lenta.ru https://lenta.ru/news/2022/10/14/gigafabrica/
- 130. Семёнов Д. Лидеры и аутсайдеры российского авторынка в 1 квартале 2023 года. Автостат. 2023. https://www.autostat.ru/infographics/54346/
- 131. kremlin.ru. Указ Президента Российской Федерации от 04.11.2020 г. № 666. kremlin.ru. 2020. http://www.kremlin.ru/acts/bank/45990
- 132. Колпаков А. Ю., Галингер А. А. Экономическая эффективность распространения электромобилей и возобновляемых источников энергии в России // Вестник Российской академии наук. 2020. Т. 90. No 2. C. 128-139. DOI: 10.31857/S086958732002005X.
- 133. Borken J.C., Briggs D., Forsberg B. and others. Health effects of transport-related air pollution. WHO. 2005. URL: https://www.euro.who.int/data/assets/pdf\_file/тыс.6/74715/E86650.pdf
- 134. Бобылев Ю. Цены на бензин в России и в других странах: сравнительный анализ // Экономическое развитие России. 2016. Т. 23. No 10. С. 29. URL: https://inlnk.ru/JjZXe
- 135. IEA. The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions. 2021. https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions

- 136. Кутовой Г.П. Что делать с тарифами в энергетике?! ИНП РАН. 2021. https://inlnk.ru/EL8Np
- 137. Engel H.C., Hensley R., Knupfer S., Sahdev S. The potential impact of electric vehicles on global energy systems. 2022. McKinsey. 2015. URL: https://inlnk.ru/1Py3n
- 138. ПРАЙМ. Утвержденную концепцию развития электротранспорта в РФ пока не планируется пересматривать. ПРАЙМ. 2022. https://www.eprussia.ru/news/base/2022/4774423.htm
- 139. Ткачёв И., Дзядко Т. Поставки китайских легковых автомобилей в Россию подскочили на 543%. РБК. 2023. https://www.rbc.ru/economics/26/07/2023/64bea50a9a7947b616edb452
- 140. Autonews. Автомобильный мир Кубы: мифы и реальность Autonews. 2022. https://www.autonews.ru/news/6253e9279a7947ac34f401d6
- 141. Autonews. Упрощенные автомобили в России будут выпускать до 1 июня. Что важно знать. Autonews. 2022. https://www.autonews.ru/news/63d8c4149a79475f73f27ab9
- 142. Романова Т. Пять лет на восстановление: авторынок выйдет на докризисные показатели к 2027 году. Forbes. 2023. https://www.forbes.ru/biznes/486860-pat-let-na-vosstanovlenie-avtorynok-vyjdet-na-dokrizisnye-pokazateli-k-2027-godu
- 143. Arena EV. EV vs ICE differences and similarities // Arena EV. 2022. https://www.arenaev.com/ice\_v\_ev\_\_differences\_and\_similarities-news-185.php
- 144. Пащенко Л. Электромобиль против ДВС: что быстрее, безопаснее и выгоднее. Mafin. 2022. https://mafin.ru/media/razbory/elektromobil-protiv-dvs
- 145. Глазьев С.Ю. Великая цифровая экономика. nlr.ru. https://nlr.ru/news/20171130/glazjev.pdf
- 146. Куантканов Д. Часть 1. Маховик инноваций в цифровую эпоху. Пандемия сделала их круче... 2021. https://www.ismet.kz/ru/community/business\_cases/chast1-makhovik-innovatsiy-v-tsifrovuyu-epokhu
- 147. Заруба Е., Арифуллин А., Зотов Н. Литий из рассолов: стратегическая опция для российских нефтегазовых компаний в условиях энергоперехода. VYGON.Consulting. 2023. https://vygon.consulting/upload/iblock/772/beaziptzfmajpcv04teq3j7lo81t963j/VC\_Lithium\_Research.pdf

- 148. Дорохова И. Аккумуляция лития: зачем «Росатому» Колмозерское месторождение. Страна Росатом. 2023. https://strana-rosatom.ru/2023/02/16/akkumulyaciya-litiya-zachem-rosatomu-k/
- 149. Будрис А. Получится ли у России производить литий. Forbes. 2022. https://www.forbes.ru/biznes/464439-polucitsa-li-u-rossii-proizvodit-litij
- 150. Venditti B. Visualizing the World's Largest Lithium Producers. visualcapitalist.com. 2023. https://www.visualcapitalist.com/visualizing-the-worlds-largest-lithium-producers/
- 151. Волобуев А. «Росатом» будет добывать литий в Боливии. Ведомости. 2023 https://www.vedomosti.ru/business/articles/2023/06/29/982961-rosatom-litii-bolivii
- 152. Смертина П., Дятел Т., Козлов Д. Попутный литий. Коммерсант. 2023. https://www.kommersant.ru/doc/5952999
- 153. BatteriesNews. Going High Nickel and Cobalt Free to Develop Lithium-ion Battery Cathodes of the Future. batteriesnews.com. 2022. https://batteriesnews.com/going-high-nickel-cobalt-free-to-develop-lithium-ion-battery-cathodes-future/
- 154. Petrova M. Here's why battery manufacturers like Samsung and Panasonic and car makers like Tesla are embracing cobalt-free batteries. CNBC. 2021. https://www.cnbc.com/2021/11/17/samsung-panasonic-and-tesla-embracing-cobalt-free-batteries-.html
- 155. Li L., Wang Z., Xie X., From government to market? A discrete choice analysis of policy instruments for electric vehicle adoption, Transportation Research Part A: Policy and Practice, Volume 160, 2022, Pages 143-159, ISSN 0965-8564, https://doi.org/10.1016/j.tra.2022.04.004.
- 156. EY. Six essentials for mainstream EV adoption. EY. 2023. https://cdn.eurelectric.org/media/6414/six-essentials-for-mainstream-ev-adoption-2023-eyeurelectric-study-h-46318726.pdf
- 157. Тимерханов А. Какова доля премиальных автомобилей в парке РФ? Автостат. 2021. https://www.autostat.ru/infographics/47882/
- 158. Porfir'ev B., Shirov A., Kolpakov A. Low-Carbon Development Strategy: Prospects for the Russian Economy // World Economy and International Relations. 2020. Vol. 64. No. 9. Pp. 15-25. DOI: 10.20542/0131-2227-2020-64-9-15-25 URL:

https://www.imemo.ru/en/publications/periodical/meimo/archive/2020/9-t-64/world-energy-after-the-pandemic/low-carbon-development-strategy-prospects-for-the-russian-economy

159. Милякин С.Р. Снижение выбросов СО2 в городах: электромобили или общественный транспорт // ЭКО. 2022. № 12. С. 32-51. DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2022-12-32-51

### Приложение 1. Устройство гибридных (PHEV) и чистых (BEV) ЭМ

# Power Electronics Controller DC/DC Converter Thermal System (cooling) Traction Battery Pack Charge Port Transmission Onboard Charger Battery (auxillary)

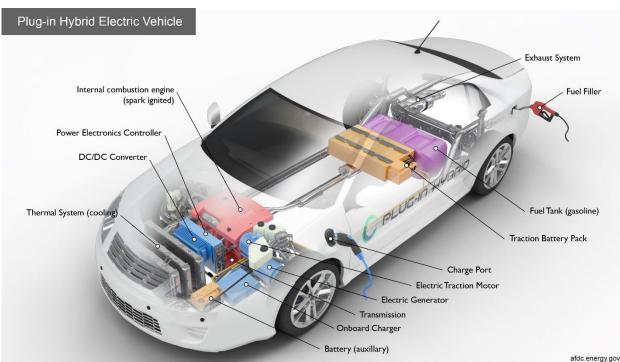


Рисунок П1.1 – Ключевые элементы чистого (BEV) и подключаемого гибридного (PHEV) электромобилей.

### Источник: данные сайта <a href="https://afdc.energy.gov/vehicles/electric.html">https://afdc.energy.gov/vehicles/electric.html</a>

Ниже в таблице П1.1 приведены ключевые компоненты электромобилей, как видно из таблицы, ключевая разница заключается в том, что подключаемый гибрид (PHEV) обладает гораздо более маленькой батарей, и имеет все ключевые элементы автомобиля с ДВС.

Таблица П1.1. Ключевые компоненты электромобилей.

	BEV	PHEV
Батарея	полностью электрическая вспомогательная: в транспортном средстве с электрическим приводом вспомогательная батарея обеспечивает электроэнергией аксессуары транспортного средства.	вспомогательный: в транспортном средстве с электроприводом вспомогательная низковольтная аккумуляторная батарея обеспечивает электричеством для запуска автомобиля до включения тягового аккумулятора; он также приводит в действие автомобильные аксессуары.
Порт зарядки	порт зарядки позволяет автомобилю подключаться к внешнему источнику питания для зарядки тягового аккумулятора.	порт зарядки позволяет автомобилю подключаться к внешнему источнику питания для зарядки тягового аккумулятора.
Преобразователь постоянного тока	это устройство преобразует мощность постоянного тока высокого напряжения от тягового аккумуляторного блока в мощность постоянного тока низкого напряжения, необходимую для работы аксессуаров автомобиля и подзарядки вспомогательной батареи.	это устройство преобразует мощность постоянного тока высокого напряжения от тягового аккумуляторного блока в мощность постоянного тока низкого напряжения, необходимую для работы аксессуаров автомобиля и подзарядки вспомогательной батареи.
Электрогенератор (PHEV)	нет	вырабатывает электричество от вращающихся колес при торможении, передавая эту энергию обратно в блок тяговых аккумуляторов. В некоторых автомобилях используются моторгенераторы, которые выполняют как приводную, так и регенеративную функции.
Электродвигатель	используя мощность от тягового аккумулятора, этот двигатель приводит в движение колеса автомобиля. В некоторых автомобилях используются мотор-генераторы, которые выполняют как приводную, так и регенеративную функции.	используя мощность от тягового аккумулятора, этот двигатель приводит в движение колеса автомобиля. В некоторых автомобилях используются моторгенераторы, которые выполняют как приводную, так и регенеративную функции.
Выхлопная система:	нет	Выхлопная система направляет выхлопные газы из двигателя через выхлопную трубу. Трехкомпонентный катализатор предназначен для уменьшения выбросов выхлопной системы при выходе из двигателя.
Заливная горловина:	нет	Форсунка от топливораздаточной колонки присоединяется к резервуару на транспортном средстве для заполнения бака.

Топливный бак	нет	в этом баке хранится бензин на борту
(бензин):		транспортного средства до тех пор, пока
		он не понадобится двигателю.
Двигатель внутреннего	нет	в этой конфигурации топливо
сгорания:		впрыскивается либо во впускной
		коллектор, либо в камеру сгорания, где
		оно смешивается с воздухом, а топливно-
		воздушная смесь воспламеняется искрой
		от свечи зажигания.
Бортовое зарядное	принимает входящую	принимает входящую электроэнергию
устройство	электроэнергию переменного тока,	переменного тока, подаваемую через порт
	подаваемую через порт зарядки, и	зарядки, и преобразует ее в мощность
	преобразует ее в мощность постоянного	постоянного тока для зарядки тягового
	тока для зарядки тягового	аккумулятора. Он также обменивается
	аккумулятора. Оно также обменивается	данными с зарядным оборудованием и
	данными с зарядным оборудованием и	отслеживает характеристики
	отслеживает характеристики	аккумулятора, такие как напряжение, ток,
	аккумулятора, такие как напряжение,	температуру и состояние заряда, во время
	ток, температуру и состояние заряда, во	зарядки аккумулятора.
To	время зарядки аккумулятора.	
Контроллер силовой	этот блок управляет потоком	этот блок управляет потоком
электроники	электроэнергии, подаваемой тяговой	электроэнергии, подаваемой тяговой
	батареей, регулируя скорость	батареей, регулируя скорость
	электрического тягового двигателя и	электрического тягового двигателя и
Т	создаваемый им крутящий момент.	создаваемый им крутящий момент
Тепловая система	эта система поддерживает надлежащий	эта система поддерживает надлежащий
(охлаждение)	диапазон рабочих температур	диапазон рабочих температур двигателя,
	двигателя, электродвигателя, силовой	электродвигателя, силовой электроники и
Блок тяговой	электроники и других компонентов.	других компонентов.
аккумуляторной	накапливает электроэнергию для использования тяговым	накапливает электроэнергию для использования тяговым
батареи		
Трансмиссия	электродвигателем. трансмиссия передает механическую	электродвигателем. трансмиссия передает механическую
(электрическая)	энергию от тягового электродвигателя	мощность от двигателя и / или
(STORTPH TOORUM)	для вращения колес.	электрического тягового двигателя для
	для вращения колее.	вращения колес.
		Бращения колее.

Источник: данные сайта <a href="https://afdc.energy.gov/vehicles/electric.html">https://afdc.energy.gov/vehicles/electric.html</a>

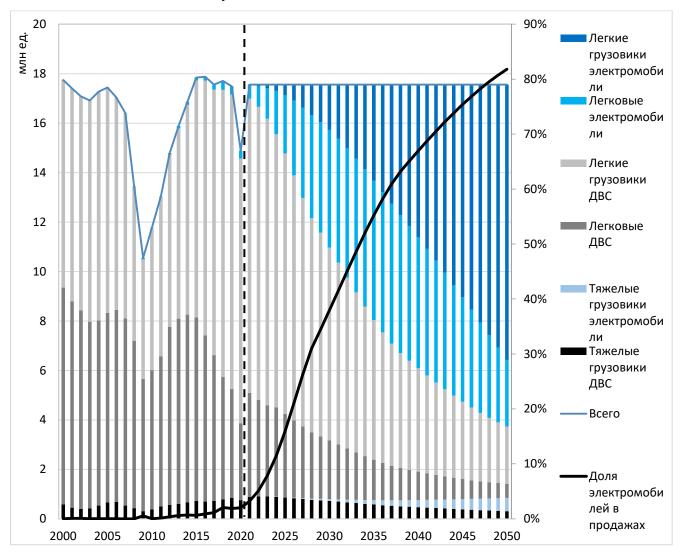
## Приложение 2. Результаты расчетов по базовому сценарию для США и прочих стран

### П2.1. США

США обладают своей спецификой продаж автомобилей, в которой в равной мере преобладают, как легковые автомобили, так и легкие грузовики, по типу пикапов<sup>35</sup>.

На историческом периоде продажи находились в районе 17-18 млн ед., за исключением кризисных 2008-2011 гг., когда продажи падали ниже 11 млн. ед. (рис. П2.1). Также продажи падали в коронавирусный 2020 год.

На прогнозном периоде ожидается, что общие продажи сохранятся примерно на уровне 18 млн ед. При этом структура продаж претерпит кардинальные изменения. Доля ЭМ всех типов составит 82% в 2050 году.



 $<sup>^{35}</sup>$  https://motorhills.com/24-reasons-why-pickup-trucks-are-so-popular/#:~:text=Pickups%20are%20so%20popular%20because,boats%20which%20cars%20can't.

Рисунок П2.1 – Продажи автомобилей с ДВС и ЭМ в США с 2010 по 2020 гг. (факт) и с 2021 по 2050 гг. (прогноз по первому сценарию).

Источник: расчеты автора по данным Transportation Energy Data Book

Автопарк США на историческом периоде преимущественно представлен бензиновыми автомобилями, за исключением того, что тяжелые грузовики практически полностью на дизельном топливе (рис. П2.2).

На прогнозном периоде автопарк будет постепенно замещаться электромобилями, и к 2050 году их доля достигнет 48%, большинство из которых будут легковыми.

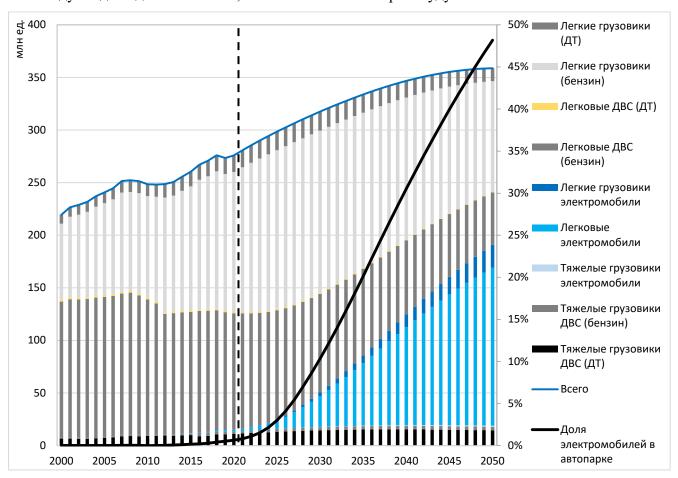


Рисунок П2.2 – Парк автомобилей с ДВС и ЭМ в США с 2010 по 2020 гг. (факт) и с 2021 по 2050 гг. (прогноз по первому сценарию).

Источник: расчеты автора по данным Transportation Energy Data Book

Потребление нефтепродуктов в США достаточно стабильно на всем историческом периоде и находится вблизи 1000 млн тонн (рис. П2.3). Пик потребления скорее всего уже пройден в 2022 году, и прогнозируется дальнейшее планомерное снижение спроса, который к

2050 году упадет на 33% по сравнению с 2019 годом до 679 млн тонн. Если же электромобилизация не реализуется спрос составит 791 млн тонн, за счет улучшения топливной эффективности ДВС и обычных гибридов.

Доля электромобилей в электропотребление вырастет до 11,7%, что, как и в Европе, является существенной величиной.

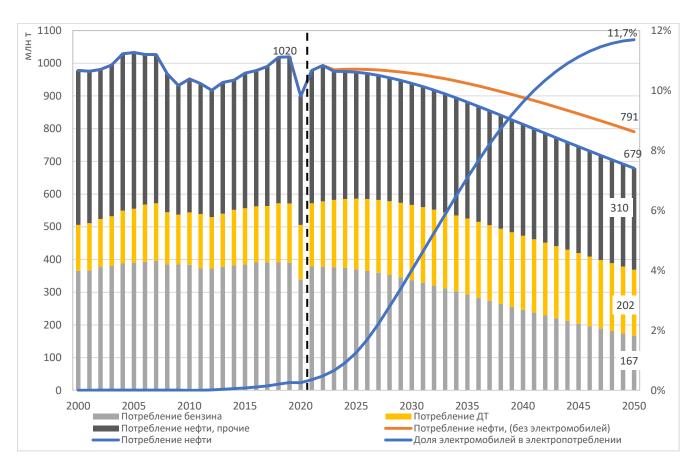


Рисунок П2.3 – Потребление нефти в США с 2000 по 2020 гг. (факт) и с 2021 по 2050 гг. (прогноз по первому сценарию).

Источники: расчеты автора по данным МЭА, EIA и Transportation Energy Data Book

### П2.2. Прочие

Продажи автомобилей в прочих странах активно росли с 2000 по 2008 гг. с 16,6 до 25,0 млн, упали в кризис 2009 года до 21,3 или, после чего продолжился рост до 2018 года до отметки в 28,3 млн ед. (рис. П2.4).

На историческом периоде ЭМ почти не представлены, но в прогнозном периоде ожидается, что в прочих странах мы будем наблюдать общий тренд перехода на ЭМ, при этом

он будет медленнее, чем в наиболее продвинутых странах и регионах и достигнет 53% в 2050 году.

Также с большой вероятностью большая часть автомобилей с ДВС будет продаваться на этих рынках дольше, чем на тех рынках, где вступит в силу запрет на продажу автомобилей с ДВС.

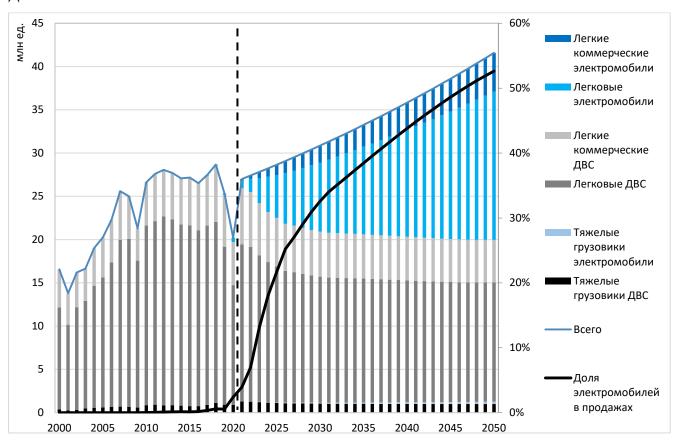


Рисунок П2.4 – Продажи автомобилей с ДВС и ЭМ в прочих странах с 2010 по 2020 гг. (факт) и с 2021 по 2050 гг. (прогноз по первому сценарию).

### Источник: расчеты автора

Автопарк прочих стран на историческом периоде вырос более, чем в 3 раза с 200 млн ед. в 2000 году, до более 600 млн в 2020 году (рис. П2.5).

Парк представлен преимущественно легковыми бензиновыми и дизельными автомобилями.

На прогнозном периоде ожидается, что ЭМ займут около 28% от всего автопарка к 2050 году.

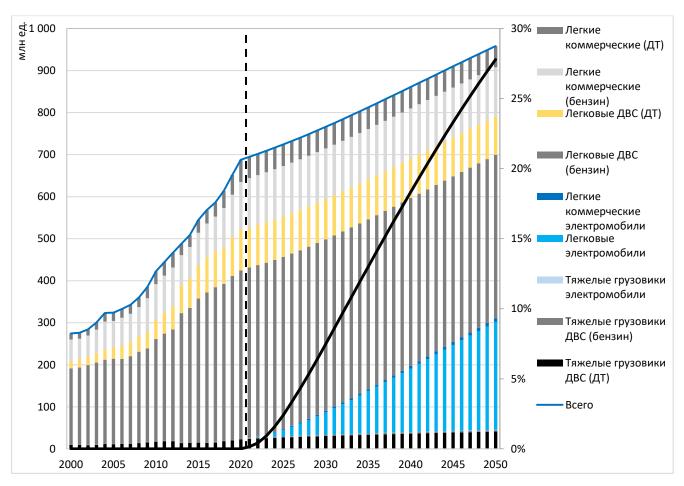


Рисунок П2.5 – Парк автомобилей с ДВС и ЭМ в прочих странах с 2010 по 2020 гг. (факт) и с 2021 по 2050 гг. (прогноз по первому сценарию).

### Источник: расчеты автора

Потребление нефти в прочих странах активно росло с 1850 млн тонн в 2000 году до 2299 млн тонн в 2018 году (рис.  $\Pi 2.6$ ). Около 50% в потребление нефти занимали бензин и дизельное топливо.

По прогнозу, пик потребления нефти в прочих странах наступит в 2025 году, после чего спрос будет постепенно падать до 2050 года, когда он составит 2179 млн тонн. Если сценарий электромобилизации по каким-то причинам не реализуется, спрос на нефтепродукты составит 2358 млн тонн.

Спрос на электроэнергию со стороны ЭМ также растет пропорционально росту парку и к 2050 году составит около 3.0% от общего электропотребления.

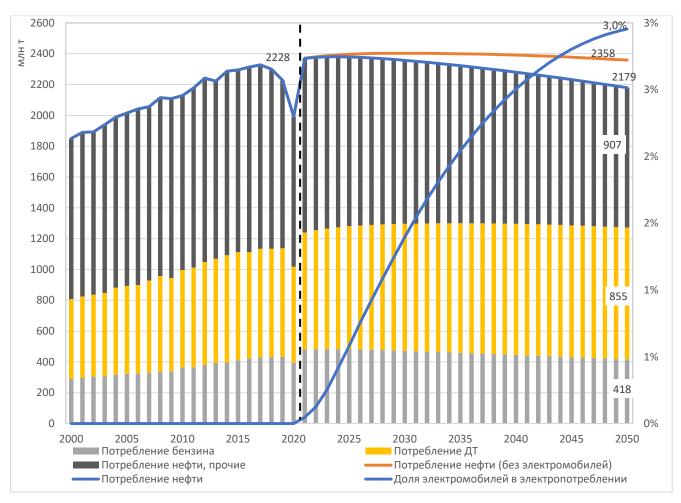


Рисунок  $\Pi 2.6$  — Потребление нефти в прочих странах с 2000 по 2020 гг. (факт) и с 2021 по 2050 гг. (прогноз по первому сценарию).

Источник: расчеты автора по данным МЭА

# Приложение 3. Оценка стоимости создания базовой зарядной инфраструктуры для электромобилей в России

Россия уже сейчас нуждается в понятном регулирование и льготах для электромобилей и достаточно широкой сети зарядной инфраструктуры. Данная задача раньше не ставилась, поэтому попробуем сформулировать возможные решения, учитывая специфику страны. Впервую очередь будем смотреть на крупные города, где плотность населения максимальная и существует платежеспособный спрос. Далее будем искать наиболее загруженные междугородние трассы федерального значения. Также обратим особое внимание на регионы, где количество электромобилей уже является существенным, при этом зарядная инфраструктура нуждается в расширение.

Представляется, что развитие инфраструктуры может носить следующий характер:

- обеспечение потребностей крупных городов, где проживают более обеспеченные жители, а эффекты от электромобилей для общества наиболее высоки (на примере Москвы);
- создание каркасной сети быстрых зарядок в наиболее концентрированной с точки зрения населенности и интенсивности поездок части страны европейской части России, включая Урал. Предполагается соединение с другими странами Финляндией, Прибалтикой, Польшей и Республикой Беларусь. В большинстве из этих стран уже существует относительно широкая сеть зарядных станций, что позволит путешествовать по ним и дальше;
- создание каркасной сети быстрых зарядок по линии Владивосток-Хабаровск-Благовещенск (на эти регионы приходится треть всех зарегистрированных в России электромобилей) с соединением с Китаем. В том числе с г. Хэйхэ через новый автодорожный мост через р. Амур и с другими городами провинции Хэйлунцзян.

Сделаем расчеты затрат на создание каркасной сети в упомянутых выше кластерах. Как уже было сказано ранее, зарядные станции можно разделить на 2 основных типа — медленные и быстрые. Установка медленной зарядной станции стоит от 30 до 200 тыс. руб. в зависимости от мощности. Быстрые зарядные станции в западных странах стоят от 30 до 140 тыс. долл. США [<sup>36</sup>]. В России стоимость установки одной такой станции оценивается в диапазоне от 0,8 до 3 млн. руб.

\_

<sup>&</sup>lt;sup>36</sup> Nicholas M. (2019). Estimating electric vehicle charging infrastructure costs across major U.S. metropolitan areas. ICCT. URL: https://theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT\_EV\_Charging\_Cost\_20190813.pdf

**Москва.** В Москве на данный момент зарегистрировано около 4 млн легковых автомобилей. Из них всего около 3 тыс. – электромобили. В таблицах ПЗ.1 и ПЗ.2 приведена оценка необходимого количества быстрых и медленных зарядных станций для Москвы

Для стимуляции спроса, предлагается установка зарядных станций на субсидированной основе, из расчета, чтобы обеспечить инфраструктурой в ближайшие годы порядка 80 тыс. электромобилей (это около 2% от всех автомобилей в городе). Каждому электромобилю необходима одна медленная зарядка, находящаяся около дома. Затраты на это составят от 2,4 до 4,0 млрд руб. в зависимости от стоимости одной зарядки.

Кроме этого, на главных шоссе (приблизительно 500 км внутри территории Москвы) и кольцевых дорогах Москвы (МКАД – 109 км, ТТК – 35 км, Садовое кольцо – 16 км) необходимо достаточное количество быстрых зарядных устройств. Предположим, что при таком количестве электромобилей надо располагать не менее одной быстрой зарядки каждые 5 км. Важно понимать, что такие зарядки стоят существенно дороже медленных зарядок около дома и работы. Также предлагается установка не менее 3 быстрых зарядок в каждом торговом центре Москвы, которых насчитывается около 300.

Всего получится порядка 1 тыс. быстрых зарядок. Затраты на это составят от 0,8 до 3,1 млрд руб. в зависимости от стоимости одной зарядки.

Общие затраты на такое покрытие Москвы медленными и быстрыми зарядками составят от 3.2(2.4+0.8) до 7.1(4.0+3.1) млрд. руб.

Таблица ПЗ.1. Необходимое количество быстрых зарядных станций для Москвы.

	Общая протяженность дороги, км или количество ТЦ, ед	Общее количество быстрых зарядных станций, ед	Срок реализации, лет	Стоимость (0,8 млн руб. за зарядку), млн. руб.	Стоимость (3 млн руб. за зарядку), млн. руб.
МКАД	109	22	3	17	65
TTK	35	7	3	6	21
Садовое кольцо	16	3	3	3	10
Главные шоссе	500	100	3	80	300
Торговые центры, ед	300	900	3	720	2700
Всего	660 км и 300 ТЦ	1032	3	826	3096

Источник: оценки автора

Таблица ПЗ.2. Необходимое количество медленных зарядных станций для Москвы.

Количество электромобилей, тыс. ед	Общее количество медленных зарядных станций, тыс. ед	Срок реализации, лет	Стоимость (30 тыс. руб. за зарядку), млн. руб.	Стоимость (50 тыс. руб. за зарядку), млн. руб.
80	80	3	2400	4000

Источник: оценки автора

**Европейская часть РФ**. В европейской части РФ проживает более 80% населения страны. Для более активного внедрения электромобилей, у автомобилистов должна быть возможность добраться до крупнейших городов страны (Москва, Санкт-Петербург, Екатеринбург, Нижний Новгород, Казань, Самара, Ростов-на-Дону, Уфа, Воронеж, Пермь, Волгоград, Краснодар и курорты юга России), а также границ с европейскими странами (до Минска и до границы Беларуси, а также до границы Финляндии на северо-западе). Последнее поможет интегрировать зарядную инфраструктуры РФ с зарядной инфраструктурой ЕС и других стран Европы.

В таблице ПЗ.3 приведены различные оценки стоимости такого проекта в зависимости от плотности зарядных станций.

Таблица ПЗ.3. Необходимое количество быстрых зарядных станций для Европейской части РФ.

Европейская часть РФ	Общая протяженн ость автомобиль ных дорог, км	Количество быстрых зарядных станций на одну заправку, ед	Общее количество быстрых зарядных станций, ед	Срок реализац ии, лет	Стоимость (0,8 млн руб. за зарядку), млрд. руб.	Стоимость (3 млн руб. за зарядку), млрд. руб.
Каждые 150 км 3 зарядки	28000	3	560	3	0,4	1,7
Каждые 50 км 1 зарядка	28000	1	560	4	0,4	1,7
Каждые 150 км 3 зарядки и 1 каждые 50 км	28000	1-3	1120	5	0,9	3,4

Источник: оценки автора

Для подсчета необходимого количества зарядок в европейской части России ориентируемся на общую протяженность автомобильных дорог федерального значения. По данным Росстата общая протяженность автомобильных дорог, соответствующих нормативным требованиям к транспортно-эксплуатационным показателям, составила 39 тыс. км. Из них в Европейской части России находилось порядка 28 тыс. км.

Для того, чтобы автомобилисты были спокойны во время междугородних путешествий, зарядная инфраструктура должна обладать достаточной плотностью покрытия. Предлагается

следующий вариант решения данной проблемы. Каждые 50 км располагать не менее одной станции для быстрой зарядки и каждые 150 км не менее трех таких станций. Тогда потребуется установить порядка 1,1 тыс. быстрых зарядных станций. Затраты на это составят от 0,9 до 3,4 млрд. руб.

**Дальний Восток**. Учитывая сколько приходится быстрых и медленных зарядок на человека в Москве сделаем оценку для Владивостока, Хабаровска и Благовещенска.

Здесь стоит особо отметить Благовещенск, в котором на данный момент около 650 электромобилей<sup>37</sup>. Это примерно 3% от всего парка электромобилей в стране, а население города всего 0,15%. Благовещенск может позиционироваться как российская столица электромобилей, так как обладает самой высокой плотностью электромобилей на тысячу жителей. В местной энергосистеме в большом объеме представлена дешевая и «зеленая» энергия от ГЭС. Текущий опыт использования электромобилей жителями Благовещенска позитивный<sup>38</sup> и, видимо, будет расширяться.

В таблицах ПЗ.4 и ПЗ.5 приведены оценки стоимости и необходимого количества быстрых и медленных зарядных станций для крупнейших городов Дальнего Востока.

Таблица П3.4. Необходимое количество быстрых зарядных станций для крупнейших городов Дальнего Востока.

	Население тыс. чел.	Общее количество быстрых зарядных станций, ед	Стоимость (0,8 млн руб. за зарядку), млн. руб.	Стоимость (3 млн руб. за зарядку), млн. руб.
Владивосток	607	11	9	33
Хабаровск	617	11	9	33
Благовещенск	226	4	3	11
Всего	1450	26	21	78

Источник: оценки автора

Таблица ПЗ.5. Необходимое количество медленных зарядных станций для крупнейших городов Дальнего Востока.

Население тыс. чел.	Общее количество медленных зарядных станций, тыс. ед	Стоимость (30 тыс. руб. за зарядку), млн. руб.	Стоимость (50 тыс. руб. за зарядку), млн. руб.
------------------------	------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------

<sup>37</sup> https://portamur.ru/news/detail/karsheringovyie-tsentryi-elektrokarov-mogut-otkryit-v-blagoveschenske/

<sup>&</sup>lt;sup>38</sup> Гордиенко О. (2019). «В 3 раза дешевле, чем бензин»: в Приамурье открыли первую зарядную станцию для электромобилей. Амурская правда. URL: https://ampravda.ru/2019/11/29/092502.html

Владивосток	607	3,8	115	192
Хабаровск	617	3,8	115	192
Благовещенск	226	1,3	38	64
Всего	1450	8,9	269	448

Источник: оценки автора

Также для передвижения между этими городами придется создать каркасную сеть, на подобие той, что предлагается сделать в европейской части РФ, то есть каждые 150 км - 3 зарядки и каждые 50 км - 1 зарядка (табл. ПЗ.6). Протяжённость дорог федерального значения на Дальнем Востоке составляет порядка 4,7 тыс. км.

Общие затраты на такое покрытие Дальнего Востока медленными и быстрыми зарядками составят от 0,3 до 1,1 млрд. руб.

Таблица ПЗ.6. Необходимое количество междугородних быстрых зарядных станций для Дальнего Востока.

	Общая протяженнос ть автомобильн ых дорог, км	Кол-во быстрых зарядных станций на одну заправку, ед	Общее кол-во быстрых зарядных станций, ед	Срок реализаци и, лет	Стоимость (0,8 млн руб. за зарядку), млрд. руб.	Стоимость (3 млн руб. за зарядку), млрд. руб.
Каждые 150 км 3 зарядки	4700	3	94	3	0,1	0,3
Каждые 50 км 1 зарядка	4700	1	94	4	0,1	0,3
Каждые 150 км 3 зарядки и 1 каждые 50 км	4700	1-3	188	5	0,2	0,6

Источник: оценки автора

Общие инвестиции для всех трех кластеров составят от 4,5 до 11,6 млрд. руб. Такие относительно небольшие инвестиции будут существенно способствовать более быстрому внедрению электромобилей на территории РФ. Кроме того, это создает новую индустрию в России. Эта новая индустрия будет включать в себя высокотехнологичное производство медленных и быстрых зарядных станций, а также их установку и обслуживание. Также в будущем это создаст новый денежный поток для электросетевых компаний и АЗС.

Срок реализации проекта не должен превышать 3-5 лет, так как уже во второй половине 2020-х гг. ожидается достижение паритета электромобилей с традиционными автомобилями с ДВС, что неизбежно вызовет рост продаж электромобилей. Ниже (рис. ПЗ.1) представлена

итоговая предполагаемая карта быстрых и медленных публичных зарядных станций в России по кластерам.

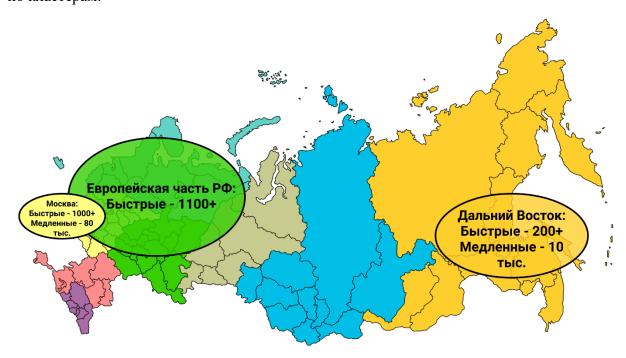


Рисунок П3.1 – Предполагаемая карта быстрых и медленных публичных зарядных станций в России по кластерам, единиц.

# Второй метод: привлечение крупных компаний, обладающих большим количеством заправок в европейской части России.

Потенциальные компании для реализации проекта — тройка компаний, владеющих крупнейшими сетями АЗС в России, это «Роснефть» (2897 заправок), «Лукойл» (2603) и «Газпром нефть» (1244). Всего они обладают почти 7 тыс. из 15 тыс. заправок в России. Приблизительно 80% из них располагаются в Европейской части страны, получается примерно 5,4 тыс. заправок.

«Лукойл» считает, что подход к заправке может измениться с развитием электромобилей. Для зарядки электромобиля требуется время (быстрая зарядка – 20-30 минут, а медленная – 8-10 часов), следовательно, вырастет время пребывания клиентов в кафе и магазине. Ориентировочное время зарядки Tesla с 0 до 80% – 25-30 минут с использованием

быстрой зарядки. У «Лукойла» более десятка зарядных станций, и компания планирует, что их число будет расти<sup>39</sup>.

Ниже в таблице ПЗ.7 приведены расчеты для разного количества зарядок на одну заправку, и при разной стоимости установки одной. При этом, можно предположить, что в случае разработки типовой зарядки, цена, как самой зарядки, так и работ по ее установке значительно снизится. Также можно сделать предположение, что в следствие установки зарядок крупнейшими сетями, более мелкие сети, а также единичные заправки, начнут постепенно присоединяться к общему тренду.

При этом стоит отметить, что для других регионов России, таких как Дальний Восток, на данный момент такой проект не кажется рентабельным в силу больших расстояний, небольшой плотности населения и частоты загородных поездок. Это не отменяет необходимости строительства каркасной сети, чтобы обеспечить хотя бы минимальное покрытие всего Дальнего Востока.

Таблица П3.7. Необходимое количество быстрых зарядных станций для трех крупнейших игроков на рынке АЗС России.

Общее количество заправок трех крупнейших игроков	Количество быстрых зарядных станций на одну заправку, ед	Общее количество быстрых зарядных станций, ед	Срок реализации, лет	Стоимость (0,8 млн руб. за зарядку), млрд. руб.	Стоимость (3 млн руб. за зарядку), млрд. руб.
5395	1	5395	3	4,3	16,2
5395	2	10790	4	8,6	32,4
5395	3	16186	5	12,9	48,6

Источник: оценки автора

Затраты на такой проект составят от 4,3 до 48,6 млрд. руб. При этом в данном случае, государство лишь будет субсидировать крупнейших игроков, а не брать все затраты на себя.

 $<sup>^{39}</sup>$  Старинская Г. (2017) Как в России устроен рынок АЗС. Ведомости, 2017. URL: https://www.vedomosti.ru/business/articles/2017/10/13/737707-kak-ustroen-rinok-azs

# Приложение 4. Прогнозные расчеты для предложений по развитию электромобилизации в России до 2050 года

Таблица П4.1. Прогноз продаж ЭМ в России до 2050 года по 1 сценарию, тыс. ед.

	2022	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Всего электромобилей	3	71	252	452	669	919	1166
Легковые электромобили	3	66	236	422	623	852	1079
Легкие коммерческие электромобили	0	4	14	24	34	44	53
Тяжелые грузовики электромобили	0	0	2	6	13	22	34

Таблица П4.2. Прогноз необходимого производства батарей в России до 2050 года по 1 сценарию, ГВт.ч.

	2022	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Всего электромобилей	0,2	4,4	16,0	29,0	43,3	60,0	76,8
Легковые электромобили	0,2	4,0	14,1	25,3	37,4	51,1	64,7
Легкие коммерческие электромобили	0,0	0,4	1,4	2,4	3,4	4,4	5,3
Тяжелые грузовики электромобили	0,0	0,1	0,5	1,3	2,5	4,4	6,8

Таблица П4.3. Прогноз необходимого производства металлов в России до 2050 года по 1 сценарию, млн т.

	2022	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Литий	0,0	0,5	1,7	3,1	4,6	6,4	8,2
Никель	0,1	1,6	5,8	10,4	15,6	21,6	27,6
Кобальт	0,0	0,5	1,7	3,0	4,6	6,3	8,1

Таблица П4.4. Прогноз продаж ЭМ в России до 2050 года по 2 сценарию, тыс ед.

	2022	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Всего электромобилей	6	141	504	904	1339	1837	2331
Легковые электромобили	6	132	471	843	1246	1705	2157
Легкие коммерческие электромобили	0	8	28	48	68	88	106
Тяжелые грузовики электромобили	0	1	5	13	25	44	68

Таблица П4.5. Прогноз необходимого производства батарей в России до 2050 года по 2 сценарию, ГВт.ч.

	2022	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Всего электромобилей	0,4	8,9	32,0	57,9	86,6	119,9	153,6
Легковые электромобили	0,4	7,9	28,3	50,6	74,8	102,3	129,4

Легкие коммерческие электромобили	0,0	0,8	2,8	4,8	6,8	8,8	10,6
Тяжелые грузовики электромобили	0,0	0,1	0,9	2,5	5,1	8,8	13,5

Таблица П4.6. Прогноз необходимого производства металлов в России до 2050 года по 2 сценарию, млн т.

	2022	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Литий	0,0	0,9	3,4	6,2	9,2	12,8	16,3
Никель	0,1	3,2	11,5	20,8	31,2	43,2	55,3
Кобальт	0,0	0,9	3,4	6,1	9,1	12,6	16,2

Таблица П4.7. Прогноз продаж ЭМ в России до 2050 года по 3 сценарию, тыс. ед.

	2022	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Всего электромобилей	9	212	756	1356	2008	2756	3497
Легковые электромобили	9	198	707	1265	1869	2557	3236
Легкие коммерческие электромобили	0	12	42	72	101	132	159
Тяжелые грузовики электромобили	0	1	7	19	38	66	101

Таблица П4.8. Прогноз необходимого производства батарей в России до 2050 года по 3 сценарию, ГВт.ч.

	2022	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Всего электромобилей	0,5	13,3	48,0	86,9	129,9	179,9	230,4
Легковые электромобили	0,5	11,9	42,4	75,9	112,1	153,4	194,2
Легкие коммерческие электромобили	0,0	1,2	4,2	7,2	10,1	13,2	15,9
Тяжелые грузовики электромобили	0,0	0,2	1,4	3,8	7,6	13,2	20,3

Таблица П4.9. Прогноз необходимого производства металлов в России до 2050 года по 3 сценарию, млн т.

	2022	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Литий	0,1	1,4	5,1	9,2	13,8	19,2	24,5
Никель	0,2	4,8	17,3	31,3	46,7	64,7	82,9
Кобальт	0,1	1,4	5,0	9,1	13,7	18,9	24,2