

На правах рукописи

JKRostovski

РОСТОВСКИЙ Йоханнес-Корнелиус

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

Специальность 5.2.3. – Региональная и отраслевая экономика
(специализация – экономика промышленности)

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата экономических наук**

Москва – 2024

Работа выполнена в лаборатории анализа и прогнозирования
топливно-энергетического комплекса
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Институт народнохозяйственного прогнозирования
Российской академии наук

Научный руководитель:

кандидат экономических наук

Семикашев Валерий Валерьевич

Официальные оппоненты:

доктор экономических наук, доцент, профессор
РАН, заместитель директора по научной работе
ФГБУН Институт экономики и организации
промышленного производства Сибирского
отделения Российской академии наук,

Гильмуллин Вадим Манавирович

кандидат экономических наук, старший
научный сотрудник ФГБНУ Национальный
исследовательский институт мировой
экономики и международных отношений им.
Е.М. Примакова Российской академии наук,

Масленников Александр Оскарович

Ведущая организация:

ФГБУН Институт экономики

Российской академии наук

Защита состоится 15 мая 2024 года в 12 часов на заседании диссертационного совета 24.1.085.01, созданного на базе ФГБУН Институт народнохозяйственного прогнозирования Российской академии наук по адресу: 117418, г. Москва, Нахимовский проспект, д. 47, ауд. 1326.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте (www.ecfor.ru) ФГБУН Институт народнохозяйственного прогнозирования Российской академии наук

Автореферат разослан «__» апреля 2024 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета 24.1.085.01,

кандидат экономических наук



Королев Иван Борисович

I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

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 запаасаемой 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 газов за счет большего КПД двигателя² и потенциала использования низкоуглеродной электроэнергии для зарядки. Также использование ЭМ значительно снижает загрязнение

¹ Здесь и далее, употребляя слово электромобиль, как инновацию, подразумевается совокупность технологий, использующихся в нем, в первую очередь современные батареи и электромоторы.

² Конечная эффективность зависит от источника энергии, и будет существенно ниже для ЭМ при производстве электроэнергии из ископаемого топлива.

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)³, 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 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

³ Отметим, что при сокращении выпуска автомобилей с ДВС будет падать спрос на металлы платиновой группы (МПГ), необходимые для производства катализаторов для автомобилей с ДВС

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., Широ 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 МакКеррахаера 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 Грушников 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 V2G⁴; в) совокупность инвестиционных 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

⁴ Vehicle to grid - использование батарей ЭМ в качестве элемента электросети с возможности накопления или отдачи электроэнергии.

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 (KZGT-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» 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 страниц основного текста и библиографии и 18 страниц приложений, 41 рисунок, 34 таблицы и 1 формулу.

II. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В диссертационной работе проведена оценка влияния развития рынков электромобилей на комплексы и отрасли промышленности России. Для этого разработана имитационная прогнозно-аналитическая модель развития рынков ЭМ, которая оценивает потенциальное изменение спроса на ключевые мировые энергоресурсы – нефть, нефтепродукты, а также электроэнергию, в зависимости от сценариев электрификации. Эти оценки позволяют сформировать условия для разработки мер реакции и адаптации российской нефтяной отрасли по минимизации негативных последствий данного процесса. Также даются оценки возможного изменения спроса на сырье, необходимое для производства батарей для ЭМ. Кроме того, массовая электрификация создает новые вызовы для автомобилестроения России, поэтому в работе сформулированы предложения и даны экономические оценки по развитию индустрии ЭМ полного цикла в России, что включает в себя собственную добычу и обеспечению российской экономики литиевым сырьем, разработку отечественных аккумуляторных батарей и электромобилей, а также их производство и сборку.

На рис. 1 представлена схема влияния электрификации в России и мире на отрасли промышленности России: добычу полезных ископаемых, нефтеперерабатывающую промышленность, автомобилестроение и смежные отрасли, а также электроэнергетику. На схеме показано как внутриотраслевое и межотраслевое взаимодействие этих отраслей промышленности, так и влияние этого на другие сферы экономики (бюджетную систему, внешнеторговые потоки, потребление домохозяйств), а также 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.

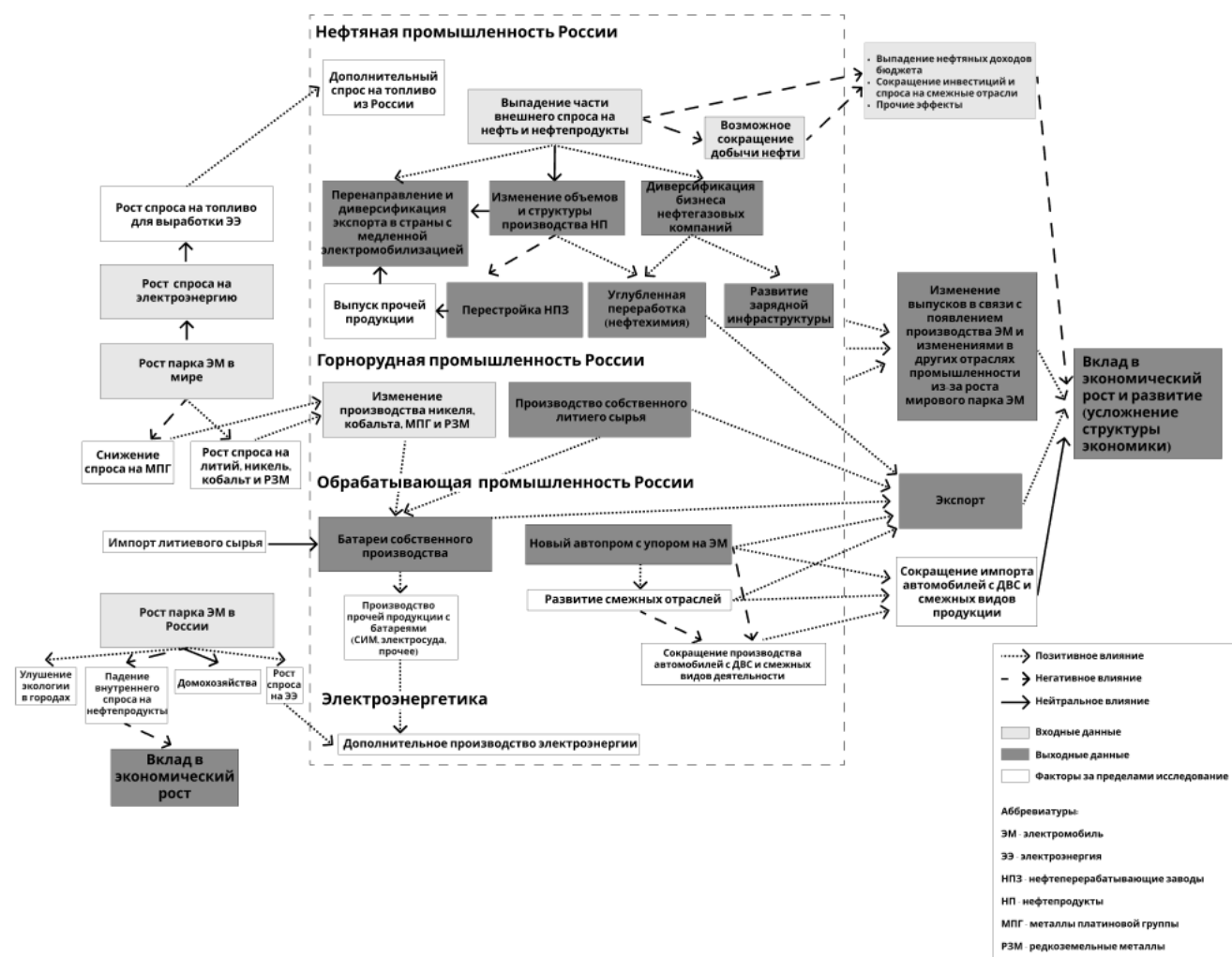


Рисунок 1 – Концептуальная схема влияния развития рынков ЭМ в мире и России на отрасли промышленности России и выделение в ней межотраслевого взаимодействия

Во **введении** дана общая характеристика диссертации, обоснована актуальность темы диссертационной работы, степень научной разработанности проблемы, определены цель и задачи, объект и предмет исследования, указаны информационная база работы, теоретическая и практическая значимость, сформулированы позиции научной новизны.

В **первой главе** диссертации представлен обзор теорий и методологий, послуживших базой для данного исследования. Это теории инноваций и диффузии инноваций, теория потребительского выбора и методология оценки стоимости владения на полном цикле.

Также показаны основные преимущества и недостатки электромобилей. Несмотря на множество преимуществ в эксплуатации, ЭМ все еще не могут конкурировать по стоимости приобретения с автомобилями с ДВС без субсидий.

Далее был проведен анализ развития рынка ЭМ в мире и ключевых странах и регионах мира. В 2023 г. в мире было продано 13,6 млн новых ЭМ или 16% от всех продаж, что на 31% больше, чем в 2022 году, когда продажи составили 10,2 млн ЭМ (рис. 2).

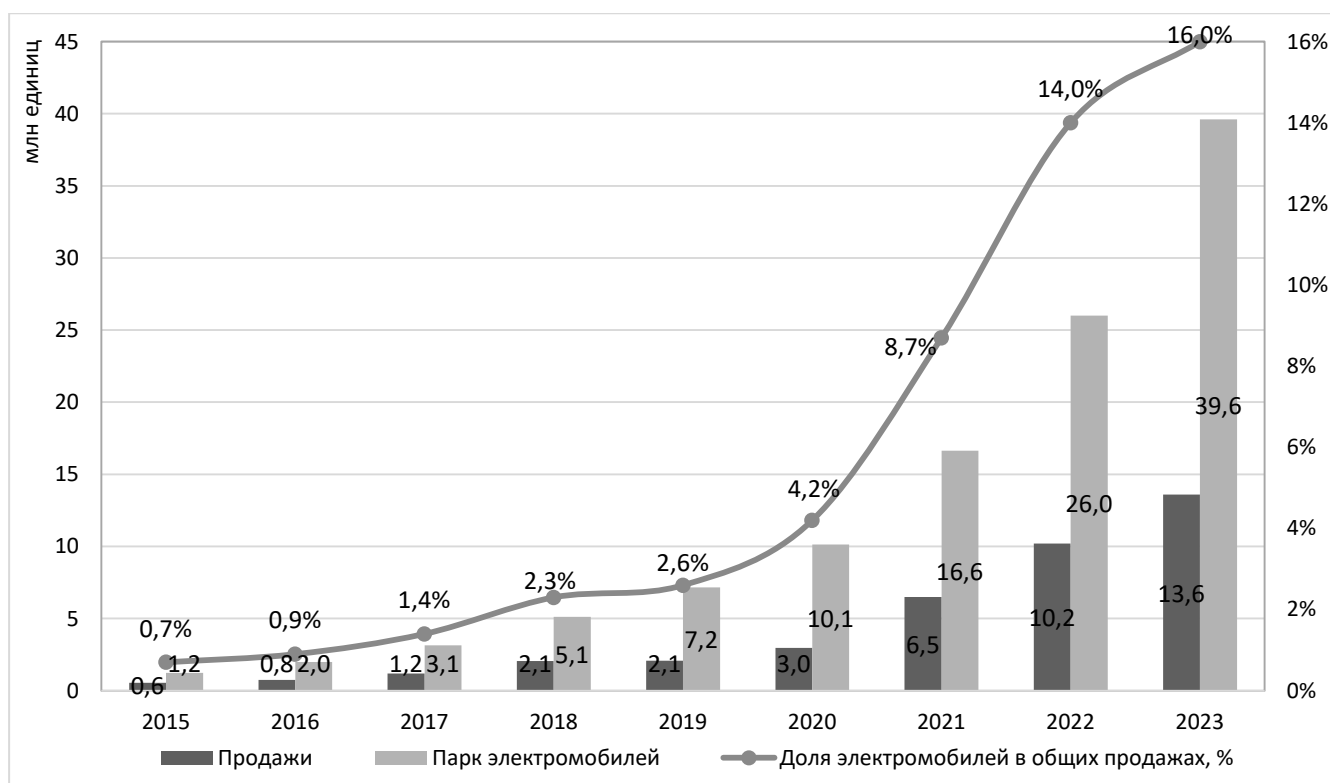


Рисунок 2 – Продажи и парк электромобилей в мире и их доля в общих продажах в период 2015-2023 гг., млн ед. и %

Такой быстрый и постоянный рост доли ЭМ в автопарке свидетельствует о том, что электрификация в мире продолжается (хотя и наблюдается некоторое замедление темпов в 2023 году). В первую очередь этот процесс сосредоточен на трех главных автомобильных рынках – в Китае (ЭМ составляют 27-33% в продажах всех новых легковых автомобилей в стране), ЕС (21-22%) и США (7%), на которые приходится более 90% всех продаж ЭМ в мире. В прочих странах, в том числе и в России ЭМ развитие рынка ЭМ находится на более ранних стадиях. Однако, с 2022-2023 гг. активный рост продаж ЭМ начался и в ряде развивающихся стран, таких как Индонезия и Индия. В 2023 г. В России произошел пятикратный рост продаж ЭМ – продажи составили более 14 тыс. ед., что составляет более 1% в продажах новых легковых автомобилей в стране. Так что поставки и внедрение электромобилей в настоящее время быстро распространяются и на глобальный Юг.

Со стороны автопроизводителей до 2030 года уже принято инвестиционных решений по производству ЭМ и батарей для них на 1,2 трлн долл. США. Почти все главные мировые автопроизводители сделали ставку на экологически чистый транспорт, объявляя о полном переходе на выпуск электромобилей уже в ближайшее десятилетие.

Кроме субсидий и гигантских инвестиций, множество стран, в том числе наиболее важных с точки зрения развития 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.

Представленные динамика развития рынков ЭМ в мире, инновационная сущность самой технологии, совокупность инвестиционных решений частных автоконцернов и мер по поддержке ЭМ и ограничению автомобилей с ДВС со стороны правительств, склонность части потребителей к выбору именно ЭМ характеризуют их качественный переход на уровень массовой (по теории диффузии инноваций) технологии.

Вторая глава диссертации посвящена разработке модели развития рынков ЭМ и сценарным прогнозам развития рынка ЭМ в мире и ключевых регионах, а также влиянию этого процесса на экономику России.

Прогнозная модель устроена следующим образом. 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 (А) каждого региона классифицируется тремя типами автомобилей – легковые (Л), легкие коммерческие (ЛК) и тяжелые коммерческие (ТК) автомобили (рис. 3). Каждый из типов, в свою очередь, разделен на дизельные (ДТ), бензиновые (Б) и электрические (ЭМ) автомобили. На всем ретроспективном периоде для каждого региона и каждого типа двигателей определяются средние годовые пробеги (П) и удельные расходы топлива/энергии (УР).

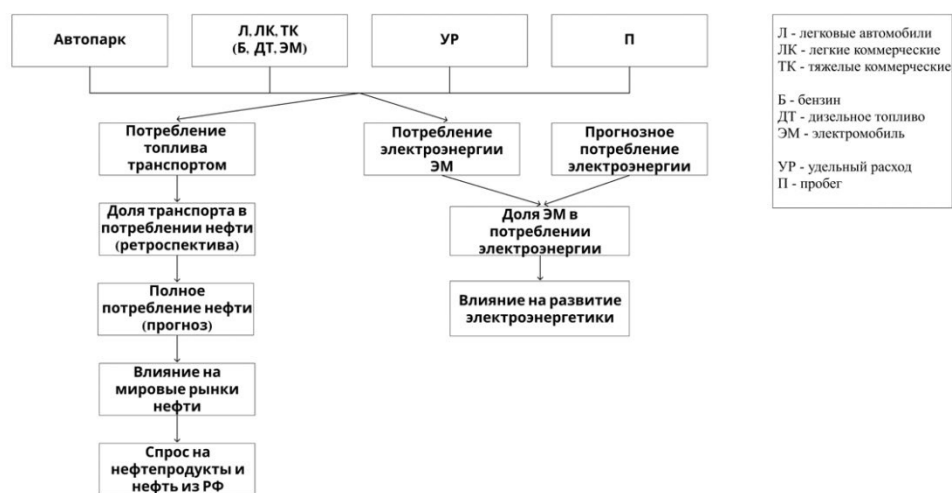


Рисунок 3 – Блок-схема модели развития рынков ЭМ

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. 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:

$$\sum_{i,j} (A_{ij} \cdot P_{ij} \cdot UP_{ij}) =$$

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

После сбора и нормировки всех полученных данных, а также согласования их с данными о потреблении моторных топлив в странах предлагается три варианта сценарных расчетов для оценки будущих продаж электромобилей.

Первый сценарий называется базовым. Логика базового сценария заключается в том, чтобы прогнозировать будущий рынок ЭМ исходя из предпосылок, что они являются разрушающей или подрывной инновацией, которая развивается согласно теории о диффузии инноваций. Он ориентируется на текущие темпы роста продаж, достижение паритета цены электромобиля и автомобиля с ДВС 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.

Второй сценарий является оптимистичным вариантом первого сценария. В нем предполагается полное доминирование ЭМ среди продаж к 2050 году на всех рынках. Этот сценарий отображает значительный прогресс в технологиях и решение всех проблемных вопросов с выпуском и эксплуатацией ЭМ.

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.

Далее 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.

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. 4), но уже начиная с 2030-х гг. главными драйверами роста станут прочие страны, в первую очередь, развивающиеся.

Для сравнения, в оптимистичном сценарии продажи ДВС падают практически до нуля, а в пессимистичном после насыщения на развитых рынках стабилизируются в районе 45 млн единиц ежегодных продаж к 2050 году. Продажи ЭМ в оптимистичном сценарии 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.

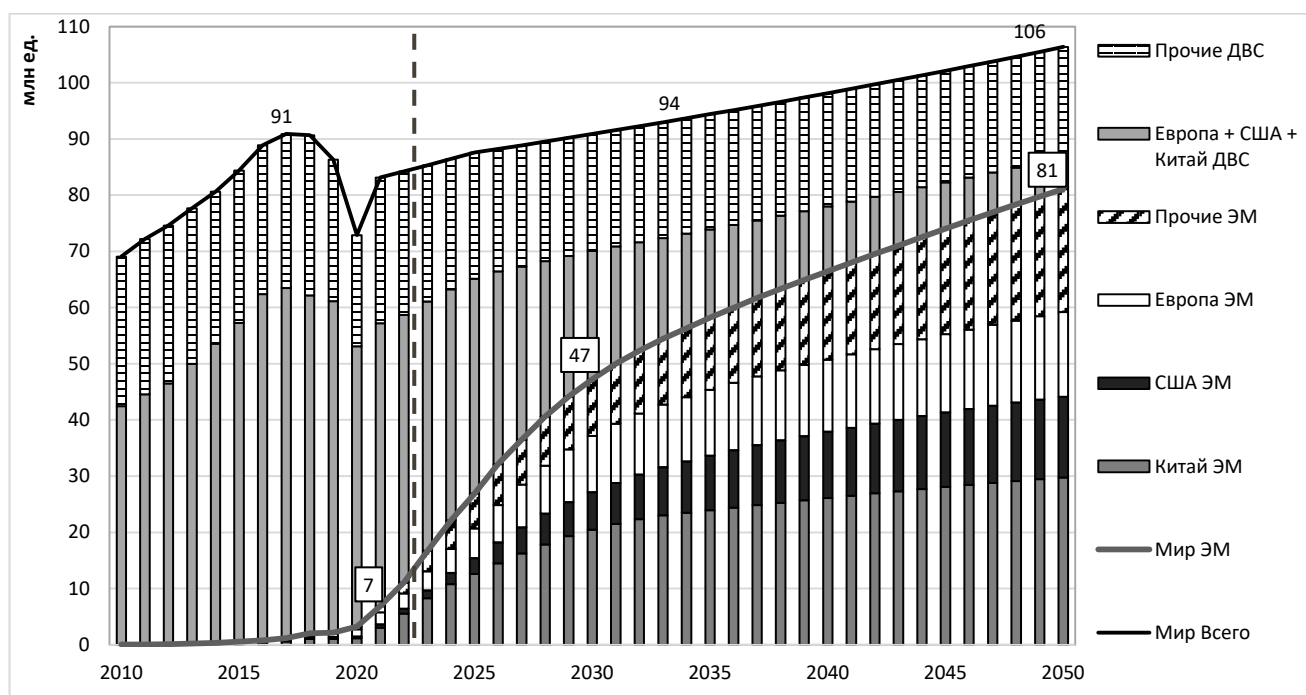


Рисунок 4 – Структура продаж автомобилей с ДВС и ЭМ в мире и по регионам в 2010-2050 гг. в базовом сценарии

По базовому сценарию, автопарк мира к 2050 г. будет электрифицирован на 47%, что составит 1059 млн электромобилей (рис. 5). 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%).

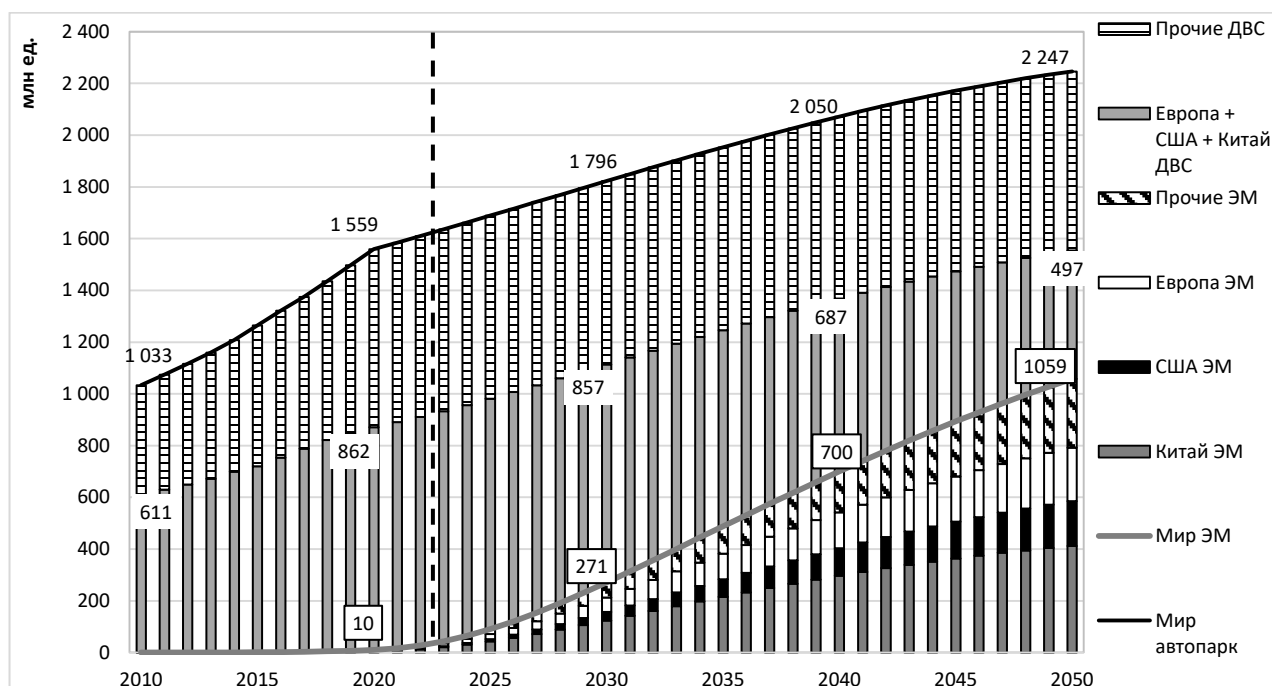


Рисунок 5 – Парк автомобилей с ДВС и ЭМ в мире и по регионам в 2010-2050 гг. в базовом сценарии

В оптимистичном сценарии парк ЭМ растет 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 или на 12% меньше базового сценария.

Пик мирового потребления нефти в базовом сценарии ожидается в 2026 г. и составит порядка 4700 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. 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 замещению старых автомобилей с ДВС) (рис. 6). 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. Электропотребление ЭМ стабильно растет и к 2050 г. составит 2297 ТВт·ч или 6,9% от общего прогнозного потребления. В оптимистичном сценарии – 8,3%, а в пессимистичном – 5,4%. То есть, мы видим, что даже при оптимистичном сценарии доля ЭМ в электропотреблении не превысит 8,5%, что, учитывая постепенный характер внедрения ЭМ и существующий запас мощностей, не должно оказать существенного влияния на энергосистему. При этом не исключено, что локально в местах массового скопления ЭМ, могут случаться резкие скачки спроса на электроэнергию, что может приводить к временным перебоям в энергосистемах города. При переходе коммерческого транспорта и тяжелых грузовиков на использование электротяги влияние на спрос на электроэнергию может быть гораздо значимее.

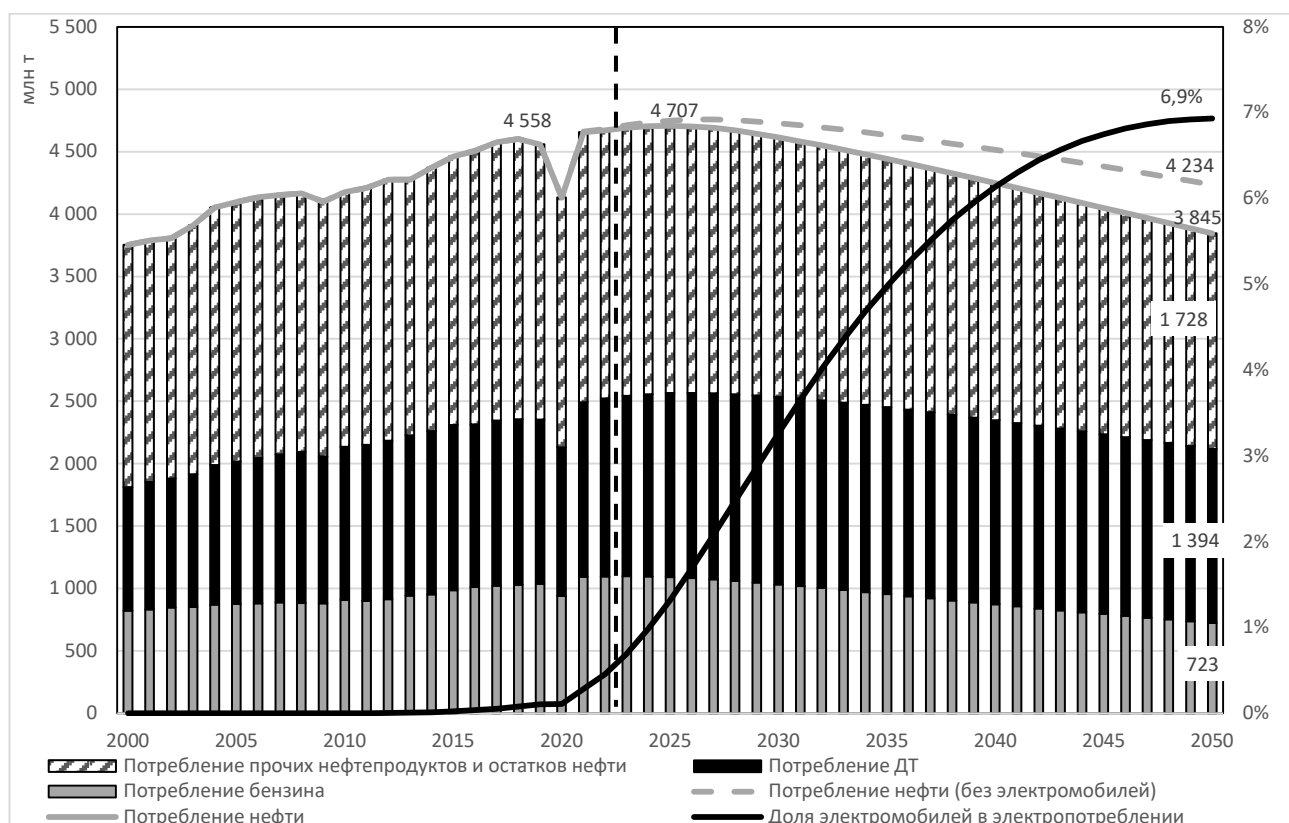


Рисунок 6 – Мировое потребление нефти в 2000-2020 гг. (факт) и в 2021-2050 гг. (прогноз) в базовом сценарии

Далее во второй главе исследуется потенциальный дефицит ключевых металлов, который может возникнуть из-за роста спроса на батареи. В результате при сохранении существующей структуры аккумуляторной химии спрос на литий, кобальт и никель может вырасти в 9, 8 и 4 раза соответственно к 2050 г. по сравнению с 2022 г.

Также во второй главе исследуется влияние электрификации на нефтяную отрасль России, и предлагаются возможные меры реагирования. Электрификация в мире 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 (пропорционально текущей доле на рынке) могут снизиться относительно уровня 2022 г. на 8% к 2030 г., на 19% к 2040 г. и на 26% к 2050 г.

Поступления от экспорта углеводородов обеспечивают более 40% доходов федерального бюджета РФ. Чтобы предотвратить или сгладить эффекты выпадения 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 в условиях замещения традиционных автомобилей электромобилями. Автором предложены варианты диверсификации и модернизации нефтяной отрасли России (рис. 7). 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.

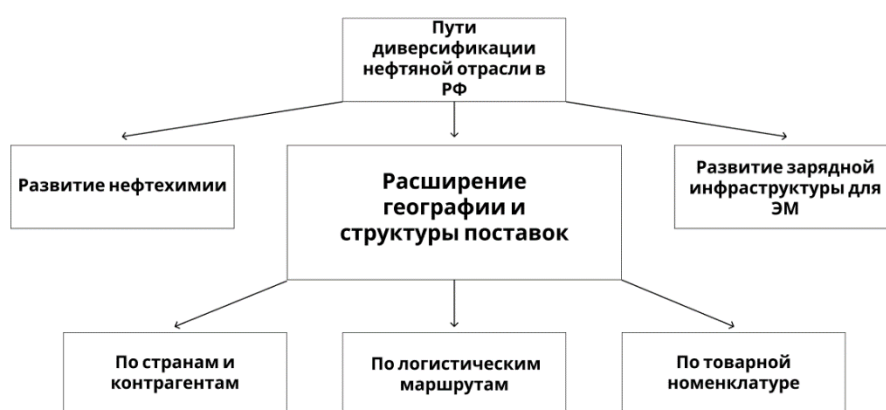


Рисунок 7 – Схема диверсификации и модернизации нефтяной отрасли России.

В целях диверсификации и модернизации нефтяной отрасли России предлагается несколько перспективных направлений.

Во-первых, главное, что требуется сделать, это разнообразить экспорт в страны с растущим или сохраняющимся спросом на нефтяное топливо, что поможет снизить риски

падения спроса 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 после 2022 г.). Также следует разнообразить ассортимент продукции, который будет учитывать специфику новых рынков сбыта. Важно также отметить, что необходимо расширять и диверсифицировать систему внешнеторговых расчетов при экспорте нефти и 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, такое направление реагирования и адаптации нефтяных компаний находится за пределами темы исследования.

Во-вторых, начать процесс переключения части мощностей по нефтепереработке на производство нефтехимических продуктов или других продуктов для развивающихся стран, у которых еще не насыщен спрос на нефтепродукты, с учетом их структуры потребления.

В-третьих, развитие сети электростанций является еще одним направлением, которое может помочь диверсифицировать бизнес нефтяных компаний. Они могут использовать свою распределенную сеть заправочных станций для создания инфраструктуры зарядки для электромобилей.

В третьей главе диссертации проведен анализ опыта развития электрификации в мире. Приведена специфика внедрения ЭМ в разных странах. Показано, что ускоренное развитие электрификации обусловлено успешным сочетанием прямых (субсидии и налоговые льготы) и непрямых мер (развитие зарядной инфраструктуры, бесплатные парковки и предоставление доступа к полосам для общественного транспорта).

Также показано, что попытки создания ЭМ в России, за исключением электробусов, пока не дали значимых результатов. Принятая в 2021 году Концепция развития производства и использования электромобилей, подтверждает формальный интерес властей к электрификации автопарка. Однако, на данный момент, требуется доработка текущих планов с учетом новых условий, в связи с чем предложен авторский вариант такой доработки. Он 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 также доступ отечественных потребителей к этой высокотехнологичной продукции в условиях регионализации мировой экономики и усиления санкционных ограничений. Такой сценарий развития мировой экономики может дополнительно усилиться риском нехватки сырья или

производственных мощностей по батареям или ЭМ, что может привести к ограничениям на поставки в РФ.

Выдвинута гипотеза о том, что ЭМ в новых условиях могут выступить как основной вид легкового транспорта в отечественной экономике. Для этого необходимо иметь все ключевые металлы для производства батарей в экономическом контуре страны, так как батареи являются ключевым узлом ЭМ. 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, доступность импортируемого сырья и специфику условий эксплуатации ЭМ в России.

Это необходимо сделать потому, что, как было показано ранее, при всеобщем переходе на ЭМ, 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 ЭМ на экспорт. Но все это должно быть поддержано реализацией соответствующих регуляторных мер. При замыкании большей части цепочки добавленной стоимости внутри страны, отечественные ЭМ могут стать дешевле или конкурентоспособнее, чем импортные или собираемые преимущественно из импортных деталей отечественные автомобили с ДВС, за счет более низких затрат на сырье, оплату труда, логистику и, затем, и за счет эффекта масштаба. ЭМ 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.

Развитие рынка предложено разбить на 3 этапа. 1 этап до 2028 г., 2 этап до 2035 года и 3 этап после 2035 года.

На 1 этапе необходимо запустить первые проекты по добыче лития внутри страны и разработать наиболее эффективную технологию добычи (табл. 1). Также необходимо участвовать в иностранных проектах дружественных стран. Собственное производство российского лития должно быть как из рудного сырья, так и из рассолов, содержащих литий⁵.

⁵ Рудные на основе сподумена — силикатного минерала из группы пироксенов, обычно ассоциируемого с пегматитами; гидроминеральные в виде различных рассолов — соляных растворов из соляных озер и подземных водоносных горизонтов, солончаков или геотермальных источников; литий извлекается из них в виде карбоната.

Необходимые инвестиции в табл. 1 рассчитаны на основе агрегированных данных по существующим и планируемым проектам по добыче лития и производству батарей и ЭМ.

Для стимулирования развития инженерной отрасли и разработки технологий батарей предлагается запустить программу создания собственных инженерных школ и привлечения квалифицированных специалистов. Это позволит обеспечить профессиональное образование и подготовку кадров как в сфере разработки (НИОКР), так и работы в батарейной промышленности.

Параллельно с этим, должно активно осуществляться привлечение инвесторов для организации сборки и локализации производства зарубежных батарей внутри страны, в том числе с учетом возможности использования для этого российского сырья. Такой подход улучшит конкурентоспособность и доступность батарейных технологий на внутреннем рынке.

Далее необходимо наладить производство электромобилей на собственных батареях. Для этого предлагается следующая стратегия. Начать с крупноузловой сборки электромобилей, аналогичной подходу при локализации сборки западных автомобильных брендов в 2000-2010-ые гг. Но постепенно усложнять процесс производства, чтобы все ключевые компетенции для производства ЭМ были локализованы внутри страны.

Таблица 1 – План реализации 1 этапа по развитию производства лития, батарей и ЭМ в России.

1 этап	
Описание этапа	Формирование четкой концепции, запуск первых проектов по добыче лития, производству батарей и сборке ЭМ.
Временной горизонт	2024-2028 гг.
Добыча лития	Запуск проектов внутри страны, геологоразведка. Разработка технологии по добыче. Импорт из дружественных стран для удовлетворения внутреннего спроса (9-15 тыс. т). Участие в иностранных проектах дружественных стран, в том числе Афганистана. На стадии проработки проект в Боливии. Балансовые запасы в РФ – 1,1 млн т рудного лития и 20,5 млн т рассольного лития.
Производство батарей	Запуск программы создания собственных инженерных школ и привлечения специалистов в разработку технологий батарей. Привлечение инвесторов для сборки и локализации. Потенциальные мощности по производству в 2028 году около 10-15 ГВт.ч.
Производство ЭМ	Крупноузловая сборка преимущественно китайских ЭМ (пример Москвич-ЯС – в 2024 году 20 тыс. ЭМ), постепенное увеличение локализации. Параллельно разрабатываются собственные ЭМ под собственные батареи. Привлечение зарубежных компаний для организации производства внутри страны со степенью локализации 90-100%, в том числе под отечественный тип батарей и 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)⁶. Частичный импорт готовых ЭМ – под развитие потребительского и организационного опыта.
Инвестиции	До 2028 года Литий – 30-60 млрд руб. в РФ Батареи – 45-90 млрд руб. (НИОКР ~ 3-7%) ЭМ – 300-500 млрд руб.
Потенциальные доходы	Этап инвестирования, доходов еще нет, рост капитализации предприятий

⁶ Базовый сценарий — это левое значение, правое значение — это максимальный сценарий, который может быть реализован только при крайне оптимистичном сочетании различных факторов.

Так как в последние почти 10 лет, продажи на российском рынке составляли около 1,5 млн ед., представляется, что емкость российского рынка ЭМ может быть в районе 300-700 тыс. ед. в год на периоде до 2035 г. (до половины всех продаваемых легковых автомобилей). Это позволяет иметь 2-4 крупных завода по ЭМ (с мощностью от 100 тыс. ЭМ в год) и 5-10 небольших заводов ЭМ с мощностью порядка нескольких десятков тыс. ед. в год. Часть этих заводов должно быть замыкающим звеном цепочки отечественного сырья, батарей и выпуска на них российских ЭМ. А часть быть иностранными производствами с локализацией на уровне 90% и выше. При этом все ключевые компоненты, без которых невозможен выпуск, должны быть локализованы в контуре национальной экономики.

На втором этапе Россия должна прийти к полному удовлетворению внутреннего спроса на металлы для батарей, выпуску собственных батарейных архитектур и высокой локализации сборки электромобилей (табл. 2). В сфере добычи лития начнется активная добыча, приводящая к увеличению объемов добычи до порядка 30 тысяч тонн лития в 2028 г. Значительный рост производства, ожидается к 2030 году, с потенциалом добычи до 140 тысяч тонн карбоната лития.

Таблица 2 – План реализации 2 этапа по развитию производства лития, батарей и ЭМ в России.

II 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 существующих месторождений) Батареи – 50-230 млрд руб. (строительство заводов и НИОКР) ЭМ – 250-730 млрд руб. (строительство новых и модернизация старых заводов)
Потенциальная выручка в 2035 году в ценах 2023 года	Литий – 40-125 млрд руб. Батареи – 60-190 млрд руб. ЭМ – 1500-4400 млрд руб.

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. Потенциальные мощности по производству электромобилей к 2035 году в России могут составить от 350 до 1000 тыс. единиц.

На третьем этапе страна может выйти на высокий экспортный потенциал по литию, батареям и ЭМ, становясь одним из мировых лидеров в отрасли (табл. 3). Добыча лития достигает значительных объемов, с потенциальными мощностями до 340 тысяч тонн карбоната лития в 2035 году и 600 тысяч тонн карбоната лития после 2040 году.

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 у всех отечественных и части иностранных заводов. Появляется экспорт ЭМ в дружественные страны. Потенциальные мощности по производству ЭМ в 2040 году могут составить от 670 до 2000 тыс. единиц, а в 2050 году от 1170 до 3500 тыс. единиц. Это, скорее всего, больше объема платежеспособного спроса на ЭМ в России.

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

Таблица 3 – План реализации 3 этапа по развитию производства лития, батарей и ЭМ в России.

III этап	
Описание этапа	Выход на экспортный потенциал по литию, батареям и ЭМ. Роль одного из мировых лидеров отрасли.
Временной горизонт	После 2035 года
Добыча лития	Потенциал добычи до 340 тыс. т лития в 2035 г. и 600 тыс. т лития в 2040 г. 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.
Потенциальная выручка в ценах 2023 года	В 2040 году Литий – 90-395 млрд руб. Батареи – 95-280 млрд руб. ЭМ – 2100-6600 млрд руб. В 2050 году Батареи – 190-500 млрд руб. ЭМ – 3900-12000 млрд руб.

Реализация предложенных мер позволят России стать конкурентоспособным игроком на мировом рынке лития, батарей и ЭМ, а эшелонирование мер по этапам способствует успешной реализации этих мер.

III. ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

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.

2. 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 прогнозные оценки, отражающие структурные сдвиги, порожденные 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 преодолет 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 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 электрочарядных станций и сопутствующих бизнесов на основе существующей сети традиционных заправок.

IV. ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях из перечня ВАК:

1. Ростовский Й.-К. Влияние развития электромобилей на потребление энергоресурсов: риски и возможности для экономики России // Проблемы прогнозирования, 2023 №3 – 0,9 п. л. (Категория К1 Перечня ВАК)
2. Семикашев В.В., Колпаков А.Ю., Яковлев А. А., Ростовский Й.-К. Развитие рынка электромобилей в России как необходимое условие получения выгод от глобального тренда на электрификацию транспорта // Проблемы прогнозирования, 2022 №3 – 1 п. л. (личный вклад – 0,25 п. л.). (Категория К1 Перечня ВАК)
3. Ростовский, Й.-К. Экономический анализ рынков электромобилей в мире и крупнейших странах и регионах // Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН, 2020 №18. – 0,9 п. л. (Категория К1 Перечня ВАК)
4. Ростовский, Й.-К. Анализ инвестиционных планов по выпуску электромобилей крупнейшими мировыми автоконcernами // Ученые записки МБИ, 2020 №31. – 0,8 п. л. (Категория К2 Перечня ВАК)
5. Ростовский, Й.-К., Чакватадзе В. В. Как стала возможна электромобильная революция в Норвегии // Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН, 2023. – 0,7 п. л. (личный вклад – 0,35 п. л.). (Категория К1 Перечня ВАК)

Публикации в других научных изданиях:

6. Rostovski, J.-K. The impact of a growing fleet of electric vehicles on energy markets - challenges and opportunities for the oil industry. E3S Web of Conferences 470. 2023. – 0,5 п.л.
7. Ростовский, Й.-К. Анализ развития зарядной инфраструктуры для электромобилей в России и мире. «Инфраструктура пространственного развития РФ: транспорт, энергетика, инновационная система, жизнеобеспечение». ИЭОПП, 2021. – 0,8 п. л.
8. Ростовский, Й.-К. Электромобили и ВИЭ. Симбиоз, без которого невозможен энергопереход. Российская политика в сфере электромобилей и новой мобильности. Возобновляемые источники энергии и приоритеты научно-технологического развития энергетики России: сборник докладов Школы молодых ученых. ИНЭИ РАН, 2022. – 0,3 п. л.
9. Ростовский Й.-К. Стратегии автоконcernов по переходу к выпуску электромобилей. Производство. Наука. Образование: сценарии будущего (ПНО-2021). 2021. – 0,4 п. л.
10. Ростовский Й.-К. Маркетинговый анализ поведения потребителя при покупке экологически чистых автомобилей. I Всероссийский форум молодых исследователей социальных наук II Молодежная научно-практическая конференция исследователей социальных наук. ВолНЦ РАН 2022. – 0,2 п. л.

11. Семикашев В. В., Галкин Н. А., Ростовский Й.-К. Подходы к электромобилизации России: условия, текущее состояние и возможные направления. Экономическая политика России в межотраслевом и пространственном измерении. Материалы третьей конференции ИНП РАН и ИЭОПП СО РАН по межотраслевому и региональному анализу и прогнозированию. 2021. С. 103-119. – 0,38 п. л. (личный вклад – 0,13 п. л.).

12. Ростовский Й.-К. Анализ состояния электромобилизации в мире и прогноз продаж электромобилей до 2050 года с учетом ограничений по производству батарей. VII Санкт-Петербургский экономический конгресс (СПЭК-2022): «Новое индустриальное общество второго поколения (НИО.2): проблемы, факторы и перспективы развития в современной геоэкономической реальности». ИНИР, 2022. – 0,4 п. л.

13. Ростовский Й.-К. Оценка влияния развития электромобилей на спрос на энергоресурсы в мире на периоде до 2050 г. Секция 3 «Опыт стратегического планирования на российских и зарубежных предприятиях». Стратегическое планирование и развитие предприятий: материалы XXIII Всероссийского симпозиума. ЦЭМИ, 2022. – 0,2 п. л.

14. Ростовский Й.-К. Оценка влияния развития электромобилей на спрос на энергоресурсы в Европе на периоде до 2050 г. Секция 3 «Опыт стратегического планирования на российских и зарубежных предприятиях». Стратегическое планирование и развитие предприятий: материалы XXIII Всероссийского симпозиума. ЦЭМИ, 2022. – 0,2 п. л.

15. Ростовский Й.-К., Галкин Н.А. Прогноз мощностей по выпуску электромобилей до 2050 года с учетом возможных ограничений при производстве батарей. Секция 5 «Проблемы прогнозирования деятельности предприятий». Стратегическое планирование и развитие предприятий: материалы XXIII Всероссийского симпозиума. ЦЭМИ, 2022. – 0,2 п. л. (личный вклад – 0,1 п.л.).

16. Ростовский Й.-К. Анализ развития производства батарей для электромобилей по итогам 2020 г. Секция 3 «Опыт стратегического планирования на российских и зарубежных предприятиях». Стратегическое планирование и развитие предприятий: материалы XXII Всероссийского симпозиума. ЦЭМИ, 2021. – 0,2 п. л.

17. Ростовский Й.-К. Текущее состояние электромобилизации в России. Секция 4 «Стратегическое планирование на мезоэкономическом (региональном и отраслевом) уровне». Стратегическое планирование и развитие предприятий: материалы XXII Всероссийского симпозиума. ЦЭМИ, 2021. – 0,2 п. л.

18. Семикашев В.В., Ростовский Й.-К. Итоги 2020 года в сфере электромобилей – рост продаж на фоне кризиса и лидерство Европы. Секция 4 «Стратегическое планирование на мезоэкономическом (региональном и отраслевом) уровне». Стратегическое планирование и

развитие предприятий: материалы XXII Всероссийского симпозиума. ЦЭМИ, 2021. – 0,2 п. л. (личный вклад – 0,1 п.л.).

19. Ростовский Й.-К. Итоги 2020 года в сфере электромобилей – рост продаж на фоне кризиса и лидерство Европы. Секция «Экономика инноваций» Конференция «Ломоносов 2021». 2021.

20. Ростовский Й.-К. Анализ развития зарядной инфраструктуры для электромобилей в мире. Секция 4. «Стратегическое планирование на мезоэкономическом (региональном и отраслевом) уровне». Сборник докладов участников секционных заседаний XXI Всероссийского симпозиума. ЦЭМИ, 2020. – 0,1 п. л.

21. Ростовский Й.-К. Оценка стоимости создания зарядной инфраструктуры для электромобилей в России. Секция 4. «Стратегическое планирование на мезоэкономическом (региональном и отраслевом) уровне». Сборник докладов участников секционных заседаний XXI Всероссийского симпозиума. ЦЭМИ, 2020. – 0,2 п. л.

22. Ростовский Й.-К. Состояние парка и продажи электромобилей в мире. Секция 5. «Проблемы прогнозирования деятельности предприятий». Сборник докладов участников секционных заседаний XXI Всероссийского симпозиума. ЦЭМИ, 2020. – 0,2 п. л.

23. Семикашев В.В., Ростовский Й.-К. Анализ развития технологии электромобилей и сценарный прогноз влияния на энергетику. Экономические проблемы энергетического комплекса (Семинар А.С. Некрасова) – 2017. Материалы конференции. Москва, ИНП РАН, 2017. – 0,3 п. л. (личный вклад – 0,15 п. л.).