

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
НАУКИ ИНСТИТУТ НАРОДНОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

На правах рукописи

МИЛЯКИН Сергей Романович

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ
СОВМЕСТНО ИСПОЛЪЗУЕМЫХ АВТОМОБИЛЕЙ НА
ПОТРЕБНОСТИ В ЭНЕРГОРЕСУРСАХ СО СТОРОНЫ ЛЕГКОВОГО
АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА В РОССИИ И КРУПНЕЙШИХ
ЭКОНОМИКАХ МИРА**

Специальность 08.00.05 Экономика и управление народным хозяйством

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени кандидата экономических наук

Научный руководитель:

доктор экономических наук

Ксенофонтов Михаил Юрьевич

Москва – 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1. КОНЦЕПЦИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ	12
1.1. Анализ процессов автомобилизации как важный элемент прогнозов развития отечественной нефтяной промышленности	12
1.2. Факторы автомобилизации и особенности их действия на разных этапах экономического развития.....	21
ГЛАВА 2. ИНСТРУМЕНТАРИЙ АНАЛИЗА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ АВТОМОБИЛИЗАЦИИ И ПОТРЕБНОСТИ В ЭНЕРГОРЕСУРСАХ.....	51
2.1. Концептуальная схема прогнозно-аналитического инструментария.....	51
2.2. Описание ключевых элементов прогнозно-аналитического инструментария.	64
ГЛАВА 3. ПРИКЛАДНОЕ СЦЕНАРНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПАРКА ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ И ПОТРЕБЛЕНИЯ ИМ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ (В РОССИИ И КРУПНЕЙШИХ ЭКОНОМИКАХ МИРА)	78
3.1. Основные тренды и перспективы развития автомобильных технологий и феномена совместного использования	78
3.2. Сценарии развития автомобилизации с учетом распространения беспилотных совместно используемых автомобилей в долгосрочной перспективе	104
3.3. Прогноз потребности в энергоресурсах со стороны автомобильного транспорта в России и в крупнейших экономиках мира до 2045 года.	132
3.4. Анализ возможных последствий для нефтяной отрасли снижения спроса на нефтепродукты со стороны легковых автомобилей.	164
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	172
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ	175

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Нефтяной сектор и ТЭК в целом играют важную роль в российской экономике. Возможности экспорта в существенной мере предопределяют перспективы развития как самого нефтяного сектора, так и всей экономики России. В настоящее время легковой автотранспорт является одним из крупнейших потребителей нефтепродуктов. С этой точки зрения, анализ процессов автомобилизации в нашей стране и мире, оценка динамики и структуры парка легковых автомобилей, параметров интенсивности его использования позволяют выявить как имеющийся потенциал, так и ограничения в развитии нефтяной отрасли России.

Традиционный подход к описанию процессов автомобилизации основан на неоклассических представлениях о потребительском поведении. В его рамках при описании возможной динамики обеспеченности населения легковыми автомобилями (число легковых автомобилей на 1000 человек) представляется естественным искать асимптотический предел роста, соответствующий уровню насыщения потребности в автомобилях вследствие снижения их предельной полезности. Однако есть основания полагать, что этот подход должен быть трансформирован, особенно в контексте долгосрочного прогнозирования. Динамика обеспеченности после достижения максимального значения может иметь тенденцию к долговременному снижению под действием ряда факторов. К ним можно отнести обострение негативных социальных и экологических последствий автомобилизации, превентивную экологическую и транспортную политику городских властей и/или государств, а также снижение потребности людей в передвижении людей (вследствие распространения цифровых технологий: электронной торговли, удаленной работы, мобильного интернета и социальных сетей).

Также существенное влияние на перспективную динамику обеспеченности могут оказать следующие относительно новые

социокультурные факторы - распространение практик совместного использования автомобилей (краткосрочная аренда автомобилей, сервисы такси, организованные с помощью мобильных приложений, практики поездок с попутчиками) и технологические факторы - автоматизация различных аспектов управления автомобилями, появление их беспилотных версий.

Основной механизм воздействия этих факторов на объем и динамику показателей автомобилизации заключается в том, что один автомобиль, участвующий в совместном использовании, способен удовлетворить потребности в перевозках существенно более широкого круга людей. Другими словами, совместное использование способно сокращать общий парк легковых автомобилей, находящихся в собственности домашних хозяйств, при одновременном увеличении интенсивности его использования. Массовое распространение беспилотных автомобилей может обеспечить возможность существенно большего развития совместного использования как в секторе коммерческого извоза, так и в секторе домохозяйств.

Таким образом, распространение практики совместного использования и рост парка беспилотных автомобилей может оказать существенное влияние на ход процессов автомобилизации, и, наряду с повышением энергоэффективности и распространением электромобилей, - на динамику и структуру потребления энергоресурсов автомобильным транспортом, а, следовательно, и на перспективную конъюнктуру внешних энергетических рынков, которые важны для России как экспортера энергоресурсов.

Степень научной разработанности проблемы. Автомобильный транспорт рассматривается в современных исследованиях как важный сектор потребления нефтепродуктов. К настоящему времени достигнут значительный прогресс в методике прогнозирования как численности автомобильного парка, так и интенсивности его использования. При этом принимались во внимание многие факторы (доходы, плотность населения, тип расселения, уровень

урбанизации, плотность автомобильных и железных дорог, условия получения кредита, стоимость моторного топлива, средний размер домохозяйств, средний уровень образования, дифференциация по доходам и т. д.). Интерес к новым технологическим (автоматизация управления) и социокультурным (совместное использование) факторам только начинает формироваться, и можно отметить недостаток прикладных исследований по прогнозу показателей автомобилизации и потребности легкового автотранспорта в энергоносителях, их учитывающих.

Цель исследования состоит в оценке возможного влияния новых технологических и социокультурных факторов (прежде всего, массового распространения совместного использования беспилотных легковых автомобилей) на динамику и структуру парка легковых автомобилей и их потребности в энергоносителях в России и крупнейших экономиках мира. Для ее достижения решались следующие связанные **задачи**:

1. Систематизация и обобщение традиционных представлений о процессах автомобилизации.
2. Анализ текущих тенденций и возможных перспектив развития совместного использования автомобилей и распространения беспилотного транспорта.
3. Формирование концепции автомобилизации, учитывающей новые технологические и социокультурные факторы.
4. Разработка прогнозно-аналитического инструментария, позволяющего оценивать динамику и структуру (по типу используемых энергоносителей и режиму использования) парка легковых автомобилей при разных сценариях распространения совместного использования и беспилотных автомобилей.
5. Построение сценариев развития парка легковых автомобилей, интенсивности его использования и изменения в эффективности расхода топлив для России и крупнейших экономик мира в долгосрочной перспективе.

6. Проведение вариантных сценарных прогнозных расчетов динамики и структуры парка легковых автомобилей в России и крупнейших экономиках мира.

7. Проведение сценарных расчетов по оценке перспективной динамики спроса на моторное топливо и электроэнергию со стороны легкового автотранспорта в России и крупнейших экономиках мира.

8. Интерпретация результатов расчетов в контексте перспектив развития отечественной нефтяной отрасли.

Объект исследования – спрос на энергоресурсы со стороны легкового автотранспорта в России и крупнейших экономиках мира под влиянием новых факторов, способных оказать существенное влияние на ход процессов автомобилизации.

Предмет исследования – влияние новых социокультурных и технологических факторов на параметры динамики и структуры парка легковых автомобилей и спроса на энергоресурсы со стороны легкового автотранспорта в долгосрочной перспективе в России и крупнейших странах мира.

Теоретической и методологической основой исследования послужили теоретические и прикладные работы отечественных и зарубежных исследователей в области анализа процессов автомобилизации и прогнозирования потребности в энергоресурсах.

Анализ закономерностей динамики показателя обеспеченности, факторов, влияющих на спрос, и подходы к прогнозированию парка легковых автомобилей описаны в работах Бакстона М., Балихиной Н., Баттона К., Бойко А., Вонга Ю., ДеБойера Л., Ивановой Я., Кийченко И., Кондратьева Д., Мауро П., Медлока К., Найна Дж., Ннойе Н., Окавы Я., Пирмана А., Притчарда Т., Риса Д., Спенсера А., Спёлинга Д., Сухининой А., Тейннера Дж., Темпле Дж.,

Тетера Дж., Фейрхёрста М., Фоукса А., Хироты К., Хуо Х., Шафера А., Щербаковой А., Чамона М., Чеботаева А., Чеботаева Д., Эткина Д.

Долгосрочные прогнозы динамики и структуры парка легковых автомобилей в разных странах представлены в работах Вонга М., Вонга Х., Ву Т., Гейтли Д., Даргея Дж., Джонсона Л., Дреннена Т., Жао Х., Йи Р., Кобоса П., Мауро П., Немова В., Окавы Я., Оу Кс., Соммера М., Темпле Дж., Филимоновой И., Хао Х., Хуо Х., Чамона М., Шульца К., Эриксона Дж., Эдера Л.

Методы оценки спроса на энергоресурсы со стороны легкового автотранспорта представлены в работах Макарова А., Митровой Т., Колпакова А., Лэнгера Э., Миллера Н., Рао Б., Рао Г., Семикашева В., Синяка Ю., Сторчмана К.

Факторы, предопределяющие возможное снижение показателя обеспеченности, рассматривались в работах Бастиана А., Бёрджесана М., Вебба Дж., Гудвина Ф., Марчетти Ц., Могриджа М., Талукдара Д., Уилсона К., Элиассона Дж.

Теоретические аспекты возможного влияния на процессы автомобилизации распространения совместного использования и беспилотных автомобилей предлагаются в работах Вадуда З., Гормана У., Дживони М., Лейбай П., Литмана Т., Маккинзи Д., Томопулоса Н., Фокса-Пеннера П., Хатча Дж., а также рассматривается в докладах аналитических и консалтинговых компаний и агентств IHS Markit, McKinsey&Co, Bloomberg, EIA, NRMA.

Прогнозы парка и спроса на энергоресурсы, учитывающие влияние распространения совместного использования автомобилей и автоматизации управления ими для отдельных стран, можно найти в работах Сивака М., а также в докладах организаций ИНП РАН, ВР, ОПЕС, RethinkX.

Информационная база исследования представлена статистическими данными Росстата, ЦБ, аналитического агентства «Автостат», международных аналитических и статистических агентств OECD.Stat, Eurostat, World Bank, национальных статистических департаментов.

Соответствие диссертации Паспорту научной специальности
Диссертационное исследование соответствует паспорту специальности научных работников ВАК 08.00.05 – «Экономика и управление народным хозяйством» (специализация – Промышленность: 1.1.20. Состояние и перспективы развития отраслей топливно-энергетического, машиностроительного, металлургического комплексов).

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

1. Разработан подход к описанию процессов автомобилизации в перспективе, который позволяет обосновать возможность того, что долговременная тенденция к росту уровней обеспеченности населения автомобилями сменится периодом их закономерного снижения. Важную роль в предопределении такой динамики обеспеченности (наряду с обострением негативных социальных и экологических последствий автомобилизации, а также превентивной экологической и транспортной политикой властей, обусловленной этим обострением) должны сыграть распространение совместного использования автомобилей и технологий их автоматического пилотирования.

2. На основе этого подхода разработан прогнозно-аналитический инструментарий для оценки динамики и структуры парка легковых автомобилей, а также предъявляемого ими спроса на энергоресурсы при различных сценариях распространения практик совместного использования, внедрения беспилотных автомобилей, электрификации легкового автотранспорта, транспортной политики, распространения цифровых

технологий, изменений в режиме ежедневных поездок людей, а также динамики экономического развития и численности населения.

3. Результаты проведенных вариантных прогнозных расчетов до 2045 года демонстрируют, что в контексте реалистичных сценариев могут быть обоснованы такие темпы распространения новых технологий управления автомобилями и практики их совместного использования, при которых обеспеченность населения легковыми автомобилями и их парк в России, США, Евросоюзе, Китае и Японии с высокой вероятностью будут снижаться.

4. Продемонстрировано, что в ряде реалистичных сценариев доля электромобилей в совместно используемом парке за счет его более быстрого обновления может расти быстрее, чем в среднем по парку.

5. На основе вариантных прогнозных расчетов объемов и структуры потребления нефтепродуктов и электроэнергии легковыми автомобилями в России и ряде стран (ЕС, КНР, Индия, США и Япония) установлено, что потенциал снижения потребности в нефтепродуктах, при реалистичных сценариях воздействия новых социокультурных и технологических факторов, может достигать 10-37% (в среднем по совокупности стран 22%) от текущей потребности этих стран, что сопоставимо с ожидаемым эффектом распространения электромобилей и повышения энергоэффективности двигателей.

Теоретическая значимость исследования состоит в развитии методологических основ и прогнозно-аналитических инструментов прогнозирования процессов автомобилизации и спроса на энергоресурсы со стороны автомобильного транспорта. **Практическая значимость** проведенных прогнозно-аналитических исследований заключается в демонстрации того, что распространение практик совместного использования автомобилей и их беспилотных версий способно существенно сократить парки автомобилей, а также их спрос на нефтепродукты как в России, так и в крупнейших экономиках мира (ЕС, КНР, Индия, США, Япония) в долгосрочной перспективе. Это способно существенно изменить конъюнктуру

внутреннего и мирового рынков нефти и нефтепродуктов и должно учитываться при разработке стратегии развития отечественной нефтяной промышленности и экономики РФ в целом.

Апробация результатов исследования. Отдельные элементы диссертационного исследования докладывались на Девятнадцатой апрельской международной научной конференции по проблемам развития экономики и общества (НИУ ВШЭ, апрель 2018); Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Ломоносов-2018» (МГУ, апрель 2018); Конференции молодых ученых «Создание дохода, накопление национального богатства, формирующиеся рынки и новые мировые финансы» (ИНП РАН, апрель 2018); Постоянно действующем открытом семинаре «Экономические проблемы энергетического комплекса» (семинар Некрасова А.С.) (ИНП РАН, май 2018); Международной научной школе-семинаре им. академика С.С. Шаталина «Системное моделирование социально-экономических процессов (Нижний Новгород, октябрь 2018; Ростов-на-Дону, октябрь 2019); Международном автомобильном научном форуме «Технологии и компоненты интеллектуальных транспортных систем» (ФГУП «НАМИ», октябрь 2018; октябрь 2019), Международной научной конференции Хачатуровских чтениях – 2018 «Современные тренды экологически устойчивого развития» (МГУ, декабрь 2018), Конференции ИНП РАН и ИЭОПП СО РАН по межотраслевому и региональному анализу и прогнозированию (Снегири, март 2019; Бердск, март 2020).

Диссертация подготовлена по результатам исследований, полученных в рамках выполнения гранта, предоставленного в форме субсидии на проведение крупных научных проектов по приоритетным направлениям научно-технологического развития в рамках подпрограммы «Фундаментальные научные исследования для долгосрочного развития и обеспечения конкурентоспособности общества и государства» государственной программы Российской Федерации «Научно-

технологическое развитие Российской Федерации», проект «Социально-экономическое развитие Азиатской России на основе синергии транспортной доступности, системных знаний о природно-ресурсном потенциале, расширяющегося пространства межрегиональных взаимодействий», номер соглашения с Министерством науки и высшего образования Российской Федерации № 075-15-2020-804 (внутренний номер гранта № 13.1902.21.0016).

Основные результаты проведенных исследований изложены в 8 печатных работах общим объемом 5,51 п. л. (личный вклад автора – 3,8 п. л.), из них 5 печатных работ опубликованы в научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ.

ГЛАВА 1. КОНЦЕПЦИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1. Анализ процессов автомобилизации как важный элемент прогнозов развития отечественной нефтяной промышленности

Нефтяная отрасль и ТЭК в целом занимают важное место в российской экономике. Вклад ТЭК в ВВП страны составляет около 25% [1], из них более половины составляет вклад нефтяной промышленности.

Нефтяная отрасль обеспечивает внутренний рынок нефтепродуктами, занимает существенную долю в структуре российского экспорта (Рисунки 1.1, 1.2), обеспечивает значительную часть валютных поступлений, которые в свою очередь оказывались необходимы для импорта товаров, обеспечивающих преодоление общих и структурных дефицитов, вызванных проблемами в развитии других секторов экономики [2]. Также велико значение нефтяной отрасли в формировании доходов бюджета государства. Можно констатировать, что нефтяной сектор несет общеэкономические функции, демпфируя низкую конкурентоспособность и доходность других отраслей [2]. Кроме того, в перспективе ТЭК (и нефтяной сектор, в частности) может играть важную роль в структурно-технологической модернизации российской экономики [2]. Во-первых, доходы от экспорта нефти и нефтепродуктов могут рассматриваться как ресурс для импорта инвестиционных товаров, которые необходимы для технологической модернизации других отраслей. Во-вторых, нефтяной сектор может выступать платежеспособным потребителем российской продукции в рамках импортозамещения. В-третьих, он может обеспечить энергоемкие сектора относительно дешевыми энергоресурсами и тем самым повысить их конкурентоспособность.

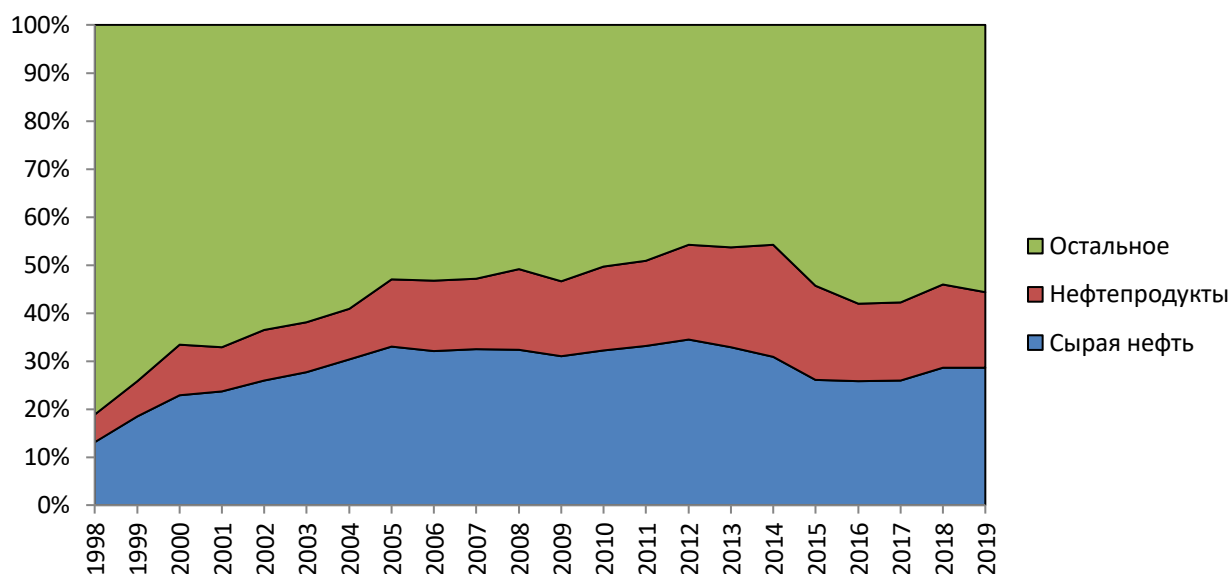


Рисунок 1.1 – Товарная структура российского экспорта. Источник: Расчеты по данным ФТС.

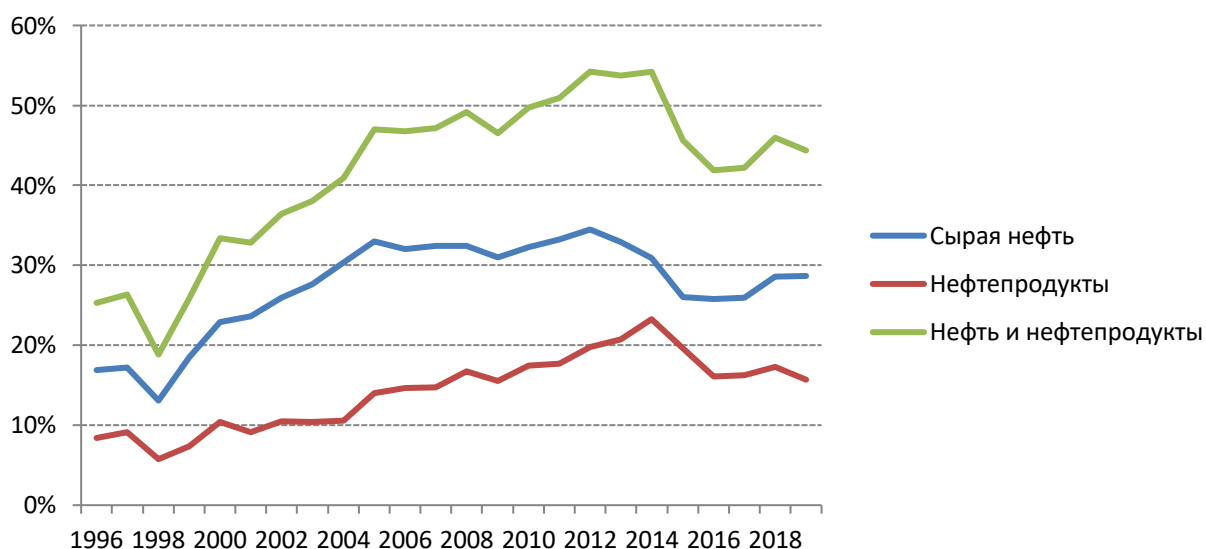


Рисунок 1.2 – Доля нефти и нефтепродуктов в российском экспорте. Источник: Расчеты по данным ФТС.

В ретроспективе сложилась экспортная направленность развития нефтяной промышленности: около половины всей добываемой нефти экспортируется в сыром виде, еще более четверти - в виде нефтепродуктов (Рисунок 1.3), причем доля бензина и дизельного топлива в экспорте нефтепродуктов составляет более трети.

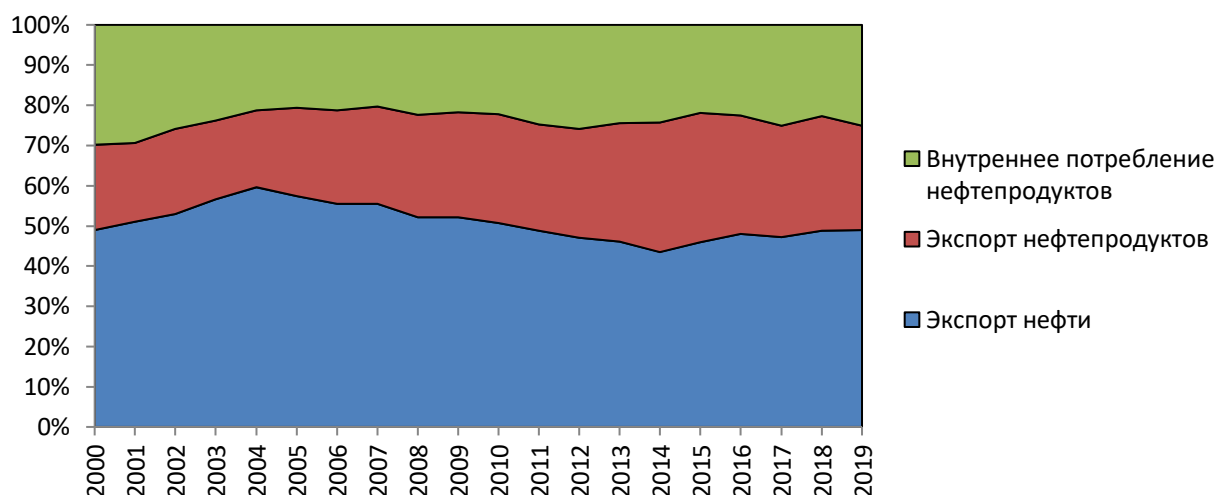


Рисунок 1.3 – Структура распределения нефти в РФ. Источник: ИНП РАН, ФТС

Основными импортерами российской нефти являются ЕС (более 50%) и Китай (26%). С середины 2000-х объем поставок на европейский рынок постепенно снижался (Рисунок 1.4, 1.5), в то время как на рынки стран АТР (Япония, Китай) он увеличивался как по абсолютному объему (Рисунок 1.4), так и по доле в структуре экспорта (Рисунок 1.5).

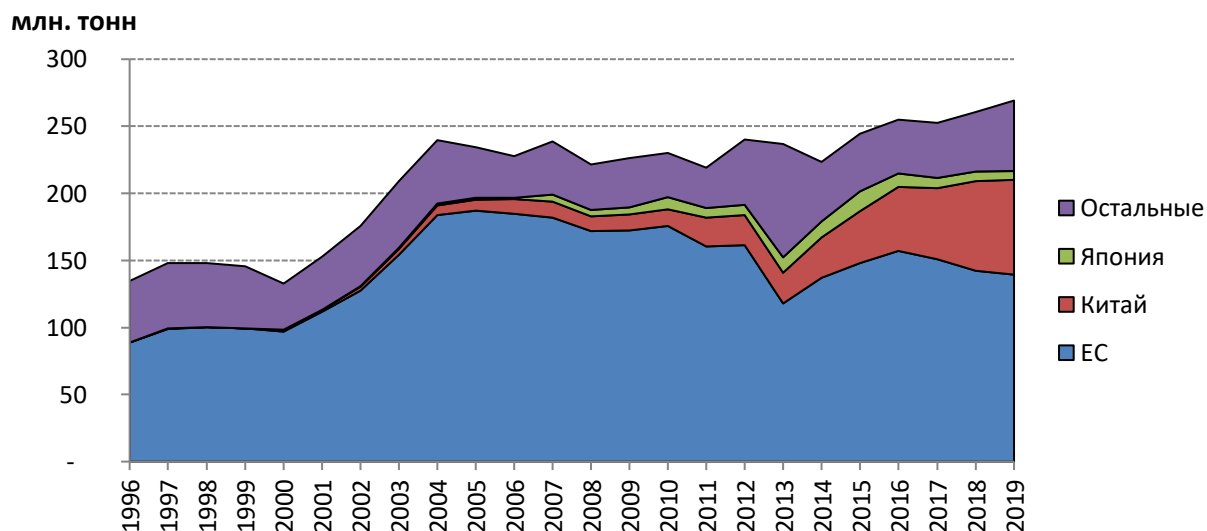


Рисунок 1.4 – Динамика экспорта сырой нефти из России в ретроспективе. Источник: Расчеты по данным ФТС.

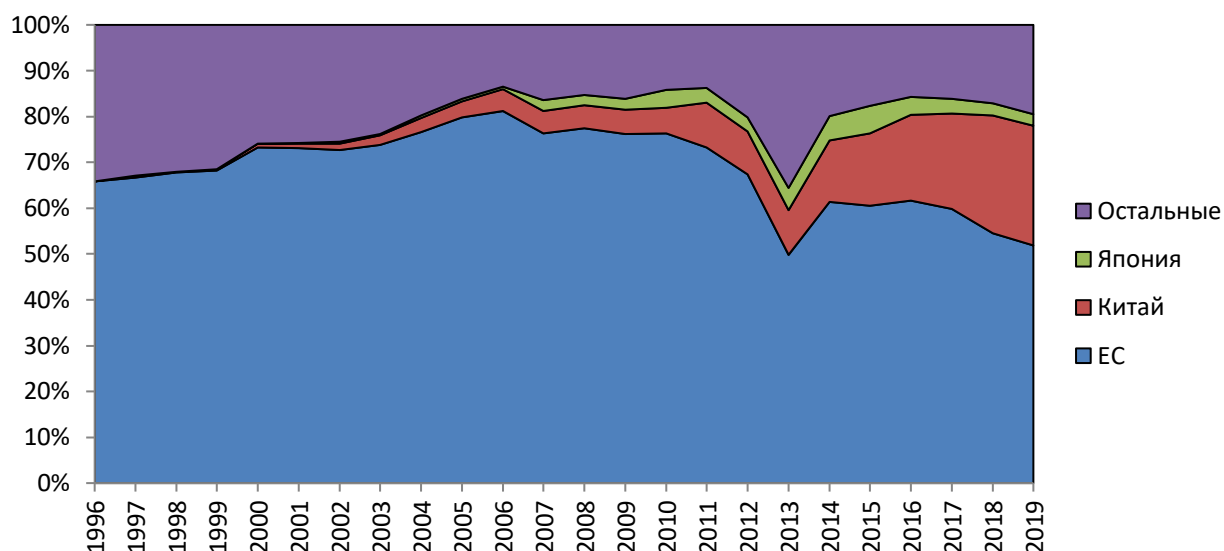


Рисунок 1.5 – Структура экспорта сырой нефти из России в ретроспективе.

Источник: Расчеты по данным ФТС.

Что касается экспорта нефтепродуктов в Европу, то он до последнего времени увеличивался, с 2015 года значительно снижается, экспорт в страны АТР оставался относительно малым (Рисунки 1.6, 1.7).

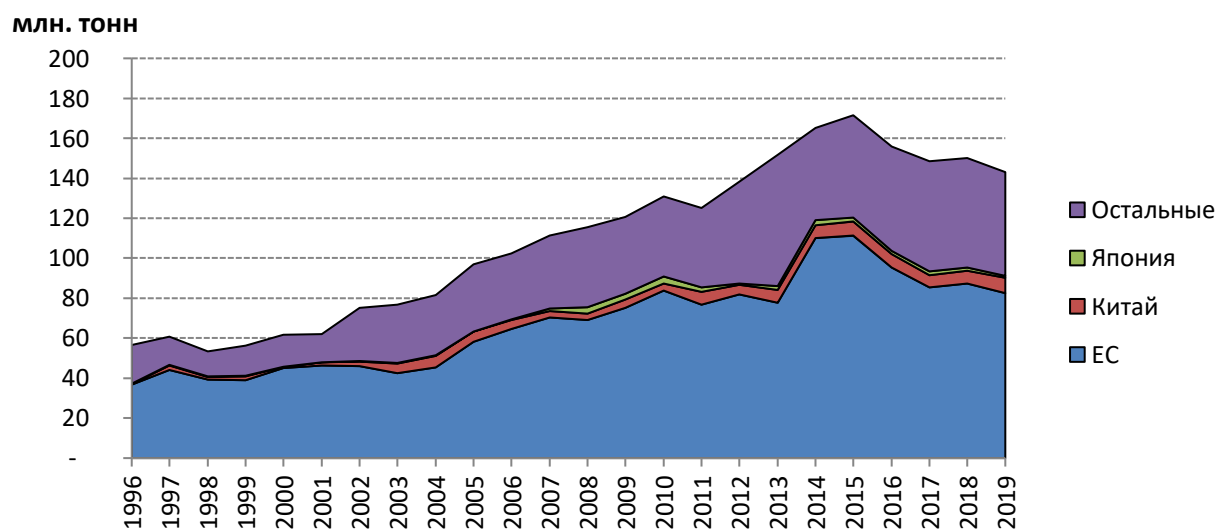


Рисунок 1.6 – Динамика экспорта нефтепродуктов из России в ретроспективе. Источник: Расчеты по данным ФТС.

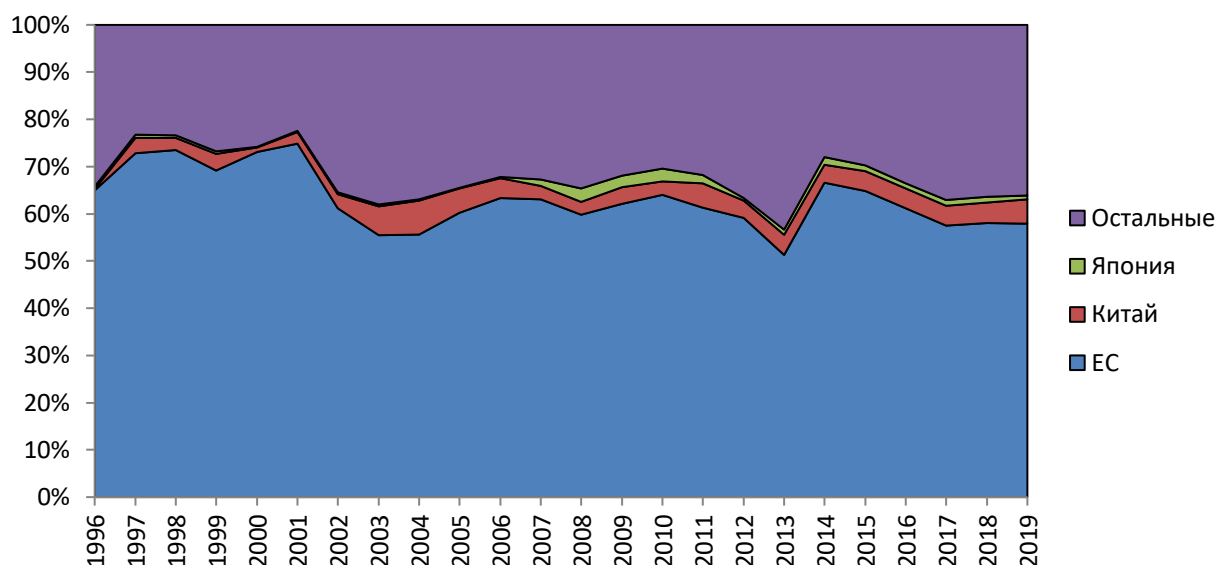


Рисунок 1.7 – Структура экспорта нефтепродуктов из России в ретроспективе. Источник: Расчеты по данным ФТС.

Эксперты отмечают, что в ретроспективе основные проблемы нефтяной отрасли были сосредоточены в области предложения (добычи и переработки) [1]:

1. Высокая выработанность действующих месторождений и преобладание трудноизвлекаемых запасов.
2. Ухудшение характеристик добываемой нефти.
3. Относительно низкий коэффициент извлечения нефти.
4. Сжигание попутного газа.
5. Относительно низкие глубина переработки и выход светлых нефтепродуктов.

Однако также отмечаются и возможные риски, связанные со спросом. В случае внутреннего рынка на него негативно влияют относительно низкие уровни экономического развития. Внешние риски связываются с нестабильным экономическим ростом в разных регионах мира, стремлением к диверсификации поставок энергоресурсов со стороны основных потребителей, повышением энергоэффективности и доли ВИЭ, появлением новых экспортеров нефти и нефтепродуктов [1,2]. В мировом потреблении

нефтепродуктов существенную долю занимает легковой автотранспорт - около 28% (Рисунок 1.8).

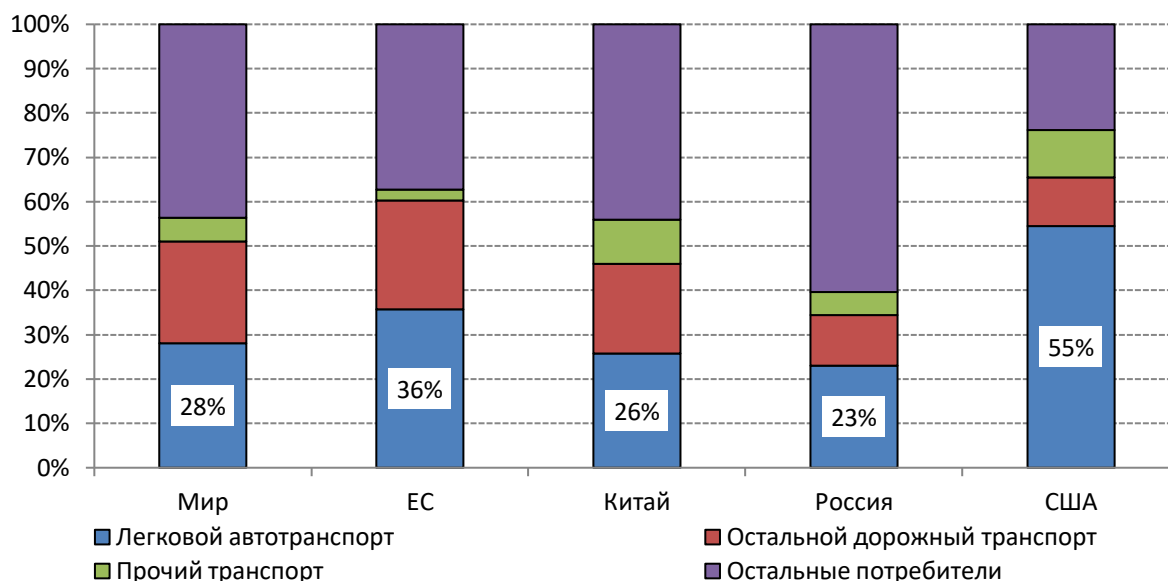


Рисунок 1.8 – Структура потребления нефтепродуктов по основным потребителям¹ в 2019 году. Источник: расчеты ИНП РАН

Причем в основном импортере российской нефти - Евросоюзе - доля легкового автотранспорта в потреблении нефтепродуктов выше – около 36%. Потребление нефтепродуктов легковым автотранспортом в ЕС составляет около 179 млн. тонн (Рисунок 1.9).

В Китае доля легкового автотранспорта в потреблении нефтепродуктов составляет около 26% (Рисунок 1.8), а в абсолютных выражении потребление нефтепродуктов легковым автотранспортом - около 144 млн. тонн (Рисунок 1.9). Темпы роста его в ретроспективе были существенно выше, чем темпы роста потребления остальными видами транспорта и по экономике в целом (Рисунок 1.10), что связано с наступлением этапа интенсивной автомобилизации в Китае.

¹ К прочему потреблению относятся потребление в химическом производстве, на электро- и теплогенерацию, потребление различными отраслями народного хозяйства, населением и неэнергетическое потребление

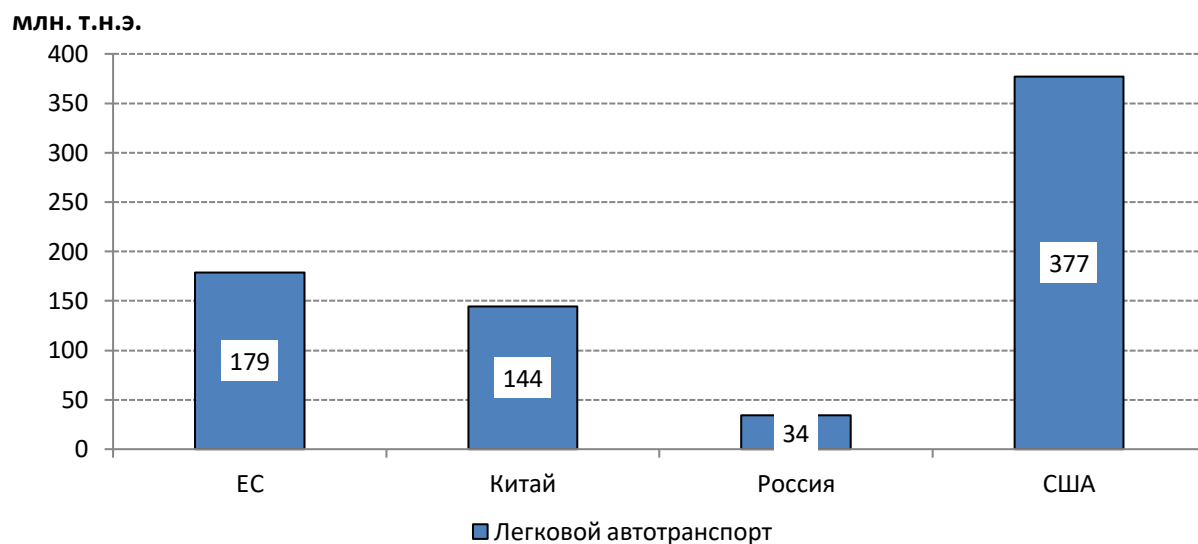


Рисунок 1.9 – Объем потребления нефтепродуктов легковым автотранспортом в 2019 году. Источник: ИНП РАН

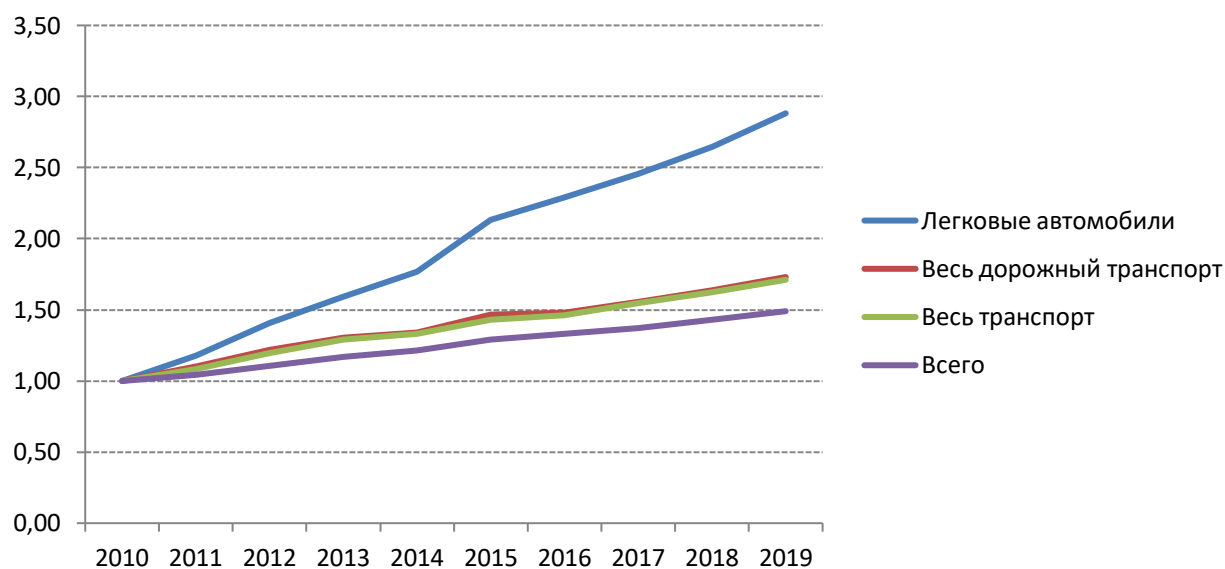


Рисунок 1.10 – Динамика потребления нефтепродуктов в КНР (базовый индекс). Источник: ИНП РАН

Что касается потребления нефтепродуктов в РФ, то более половины составляют бензин и дизельное топливо. При этом легковыми автомобилями в 2019 году потреблялось около 23% всех производимых нефтепродуктов (Рисунок 1.8). При этом потребление нефтепродуктов легковым автотранспортом в России составляло около 34 млн. тонн (Рисунок 1.9).

Таким образом, оценка потребностей легкового автотранспорта в нефтепродуктах является существенным элементом прогноза потенциального спроса на российскую нефть и нефтепродукты как со стороны основных импортеров, так и внутри страны. При этом перспективы процессов автомобилизации за рубежом способны существенно повлиять на возможности развития отечественной нефтяной отрасли.

Как уже отмечалось, одним из факторов риска для развития российской нефтяной промышленности является появление новых экспортеров энергоресурсов. В Энергетической стратегии, в частности, упоминаются страны в регионе Персидского залива, Латинской Америки, Австралии и Центральной Азии [1]. Однако, в контексте нашего исследования следует отметить и США. На 2019 год США занимают первое место по добыче нефти (около 12,7 млн. баррелей в сутки) [3], до этого входили в тройку лидеров (после России и Саудовской Аравии). Несмотря на это, США являются чистым импортером нефти и нефтепродуктов в силу того, что внутреннее потребление значительно превосходит добычу (Рисунок 1.11). Однако в последние годы наметился тренд на возрастание добычи при одновременном сокращении чистого импорта. Связан он в первую очередь с началом добычи сланцевой нефти: начавшись в конце 2000-х она вышла на уровень 2,3 млн. баррелей в сутки уже к 2013 году, а в августе 2018 года достигла 7,6 млн. баррелей в сутки (равносильно 440 млн. тонн в год), превысив тем самым половину от общей добычи (11 млн. баррелей в сутки). Как сообщает EIA в ноябре 2018 года США на одну неделю оказались в позиции чистого экспортера нефти [4].

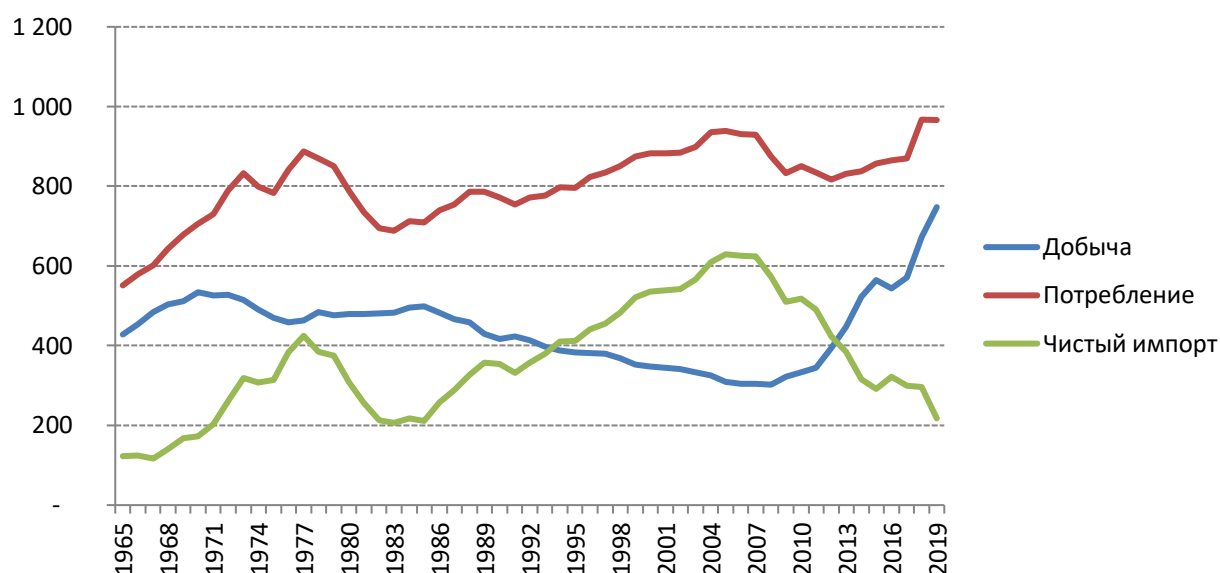


Рисунок 1.11 – Динамика спроса и предложения нефти в США. Источник ВР.

Перспективы дальнейшего наращивания объемов добычи сланцевой нефти в США в условиях стабилизации уровней внутреннего потребления несут существенные риски для России как экспортера нефти и нефтепродуктов. Легковой автотранспорт занимает существенную долю в потреблении нефтепродуктов в США – около 55% (Рисунок 1.8). Автомобилизация в США находится на высоком уровне, и потенциал дальнейшего наращивания парка исчерпан. Если в перспективе будут реализованы сценарии существенного снижения спроса на моторное топливо со стороны легкового автотранспорта, то ресурсы для экспорта нефти в этой стране будут расти в большей мере, чем увеличиваться ее добыча (за счет высвобождения части тех объемов нефти, которые ранее шли на удовлетворение внутреннего спроса). Это может способствовать превращению США в крупного экспортера нефти, что может существенно изменить ситуацию на мировом рынке.

Таким образом, в контексте исследования перспектив и возможных проблем развития нефтяной отрасли России важным элементом выступает не только оценка потенциального потребления нефтепродуктов со стороны легкового автотранспорта на внутреннем рынке России и ключевых странах-импортерах, но и в странах, способных в перспективе оказать значимое

влияние на мировой рынок нефти за счет экспортной экспансии, в частности США.

1.2. Факторы автомобилизации и особенности их действия на разных этапах экономического развития

Одним из основных подходов к анализу и моделированию процессов автомобилизации, является рассмотрение обеспеченности населения легковыми автомобилями в контексте неоклассических представлений о потребительском поведении и описание ее динамики с помощью S-образных функций. Основанием для выбора такого подхода служат как наблюдаемые статистические тенденции изменения уровней обеспеченности (Рисунок 1.12), так и следующие содержательные представления.

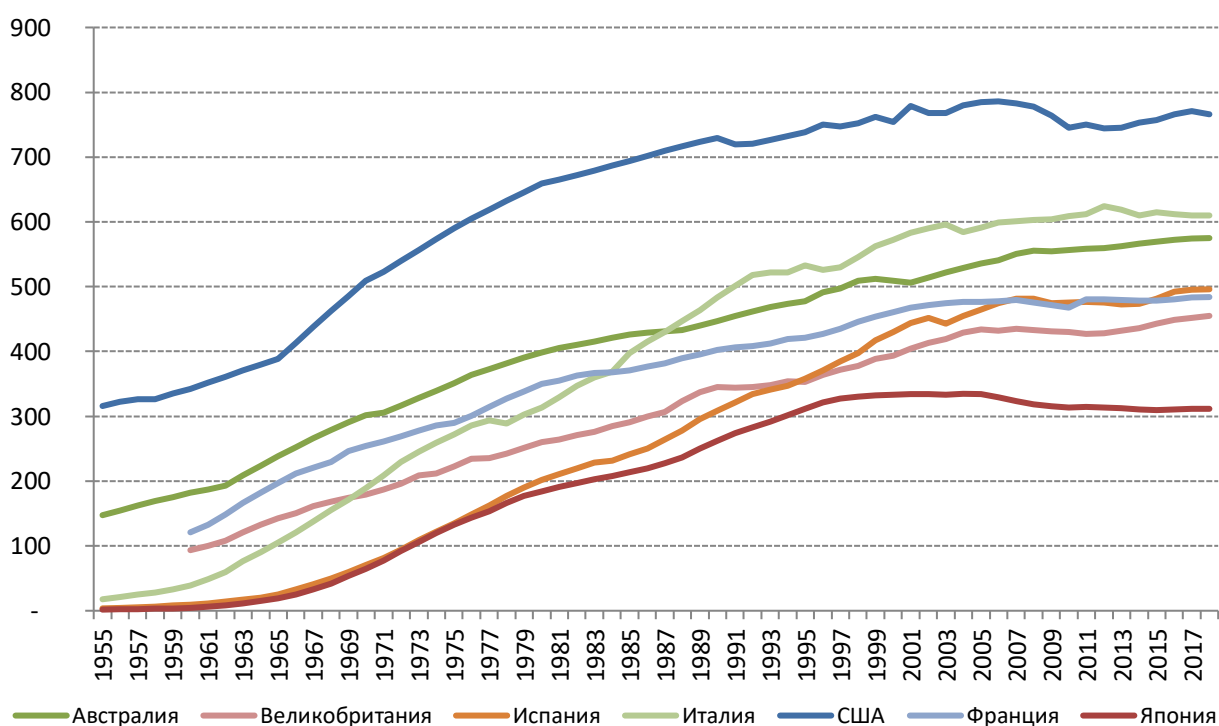


Рисунок 1.12 – Число легковых автомобилей на 1000 человек в некоторых странах мира, шт. Источник: Расчеты автора на основе данных статистических агентств этих стран.

На начальных стадиях автомобилизации обеспеченность легковыми автомобилями растет низкими темпами, вследствие того, что текущие доходы основной части населения остаются недостаточными, чтобы удовлетворить потребность в таких дорогостоящих товарах длительного пользования как автомобили.

По мере экономического развития растут и текущие доходы населения, и общий уровень его благосостояния. Начинают проявляться положительные обратные связи автомобилизации: развивается само производство автомобилей и автомобильный рынок (диверсифицируется предложение автомобилей по качественным характеристикам и ценам), формируется вторичный рынок, расширяются масштабы кредитования. Вследствие этого темпы роста обеспеченности населения легковыми автомобилями увеличиваются.

Затем общество постепенно приближается к состоянию насыщения потребности в индивидуальных автомобилях (или сталкивается с обостряющимися пространственными ограничениями автомобилизации, снижающими привлекательность автомобиля для потребителя, и усиливающимися ее негативными экологическими последствиями), что проявляется в замедлении темпов роста обеспеченности, а затем и в стабилизации ее уровней в достаточно узком коридоре значений.

В соответствии с этим представляется естественным предположить, что динамика обеспеченности автомобилями может быть с приемлемым уровнем адекватности аппроксимирована одной из S-образных функций (логистической функцией [5 - 7], функцией Гомпертца [8 - 11], квази-логистической функцией [12], кривой силового роста [13, 14]) асимптотический предел которых характеризует вероятный уровень насыщения потребности в личных автомобилях в рассматриваемой стране (Рисунок 1.13).

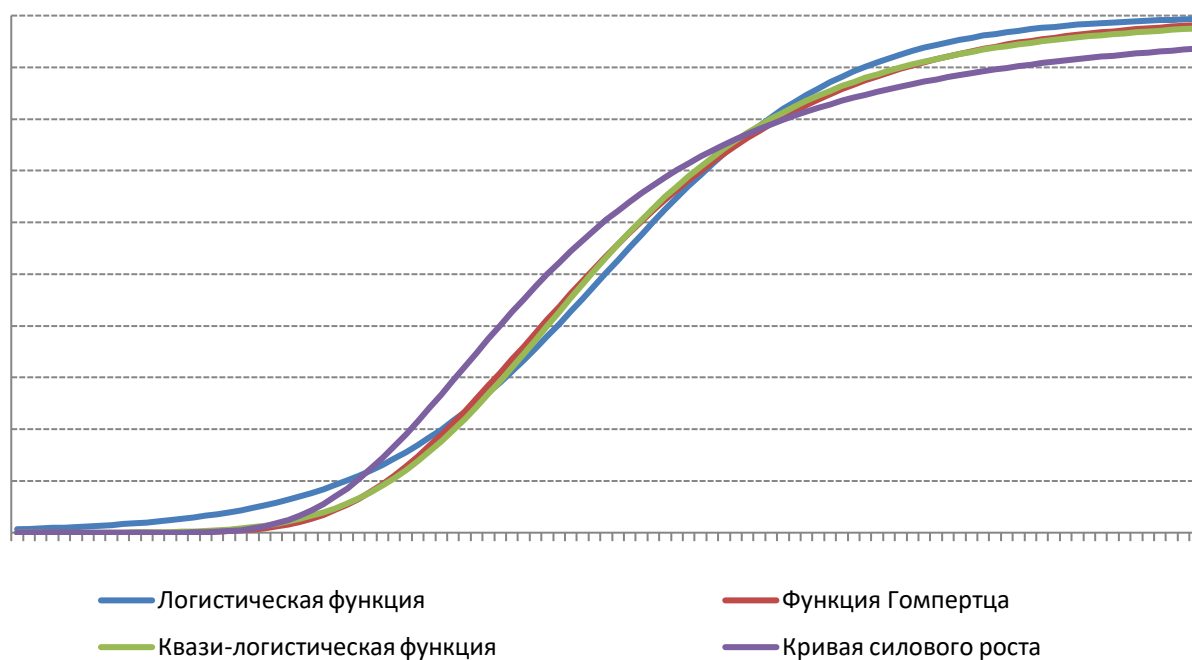


Рисунок 1.13 – S-образные функции.

Ниже будут более подробно рассмотрены факторы, оказывающие влияние на процессы автомобилизации, а также возможная трансформация механизма их действия под влиянием технологических, социокультурных и институциональных изменений, уже происходящих и ожидаемых в более отдаленном будущем.

1.1.1. Традиционный подход к анализу и моделированию процессов автомобилизации.

Традиционный подход к анализу процессов автомобилизации основывается на следующем комплексе представлений.

1. Легковые автомобили, находящиеся в собственности домашних хозяйств населения, удовлетворяют их потребности в транспортных услугах или в мобильности.

2. Потребности в транспортных услугах являются, во-первых, насыщаемыми (полезность автомобиля как потребительского блага, достигнув максимума, перестает расти, либо снижается), во-вторых, они могут удовлетворяться и за счет развития общественного транспорта, а также и

других видов деятельности (например, информационных технологий, интернет-торговли), которые объективно сокращают потребности в «физическом» перемещении людей.

3. Востребованность личного автомобиля зависит от степени неудовлетворенности потребности в транспортных услугах (что зависит от доступности и качества общественного транспорта, особенностей расселения и плотности застройки).

4. Спрос домашних хозяйств на автомобили определяется:

- их ценовой доступностью (прежде всего, располагаемыми доходами, ценами приобретения, стоимостью эксплуатации);
- уровнем специфических административных барьеров (например, ограничениями на получения водительских прав, требованиями к наличию парковочного пространства);
- фактическими возможностями их использования (уровнем развития и качеством дорожной инфраструктуры, ее распределением между автомобилями и другими видами транспорта, наличием или отсутствием различных ограничений регулятора, например, введением высокой платы за парковку или въезд на определенные территории);
- демографическими факторами (численностью лиц, которые не могут претендовать на получение водительских прав – дети, пожилые люди, люди, имеющие ограничения по состоянию здоровья);
- социокультурными факторами (привязанность к автомобильной культуре, престиж владения автомобилем, склонность к демонстративному потреблению).

В контексте анализа процессов автомобилизации важная роль принадлежит социально-демографическим факторам как с содержательной

точки зрения, так и с точки зрения формирования системы показателей автомобилизации. Относительные характеристики автомобилизации, как правило, рассчитываются с использованием тех или иных показателей численности населения и/или домохозяйств. Численность населения является одним из факторов, которые определяют потенциальные объемы автомобильного парка и/или емкости автомобильного рынка.

На процессы автомобилизации оказывают влияние особенности половозрастной структуры населения. Потенциальными покупателями являются только те люди, которые соответствуют возрастным ограничениям на получение водительских прав. Соответственно различные сдвиги в возрастной структуре населения могут влиять на процесс автомобилизации. Например, всплеск рождаемости увеличивает долю населения, которое моложе возраста, в котором можно получить водительские права, что формально может выразиться в относительном снижении темпов роста обеспеченности в этот период времени. Вместе с тем, с лагом в 15-20 лет будет расти доля населения, переходящего в «возраст вождения», тогда даже на фоне относительно низкой динамики численности населения, при прочих равных условиях, потребность в автомобилях будет увеличиваться.

В особых случаях важно учитывать не только возрастную, но и половую структуру населения: имеются в виду те страны, в которых узаконена дискриминация женщин и/или распространены социальные установки и предрассудки, которые ограничивают их доступ к вождению автомобиля. Процессы социальной модернизации, которые протекали в ретроспективе и могут затронуть в перспективе новые регионы мира, приводят к улучшению положения женщин, что может заметно стимулировать темпы автомобилизации, как в части расширения группы потенциальных водителей, так и в части ускорения деловой активности по мере вовлечения женщин в экономическую жизнь страны. Кроме того, часть людей не может получить права на вождение автомобиля по состоянию здоровья.

В соответствии с тем, что автомобиль может удовлетворять потребность в передвижении нескольких членов семьи, важными факторами являются состав и размер домашних хозяйств. В первой половине 20-го века домашние хозяйства обычно состояли из представителей нескольких поколений, проживавших в одном жилище. Затем возобладали тенденции к нуклеаризации семей: молодое поколение предпочитает достаточно рано начинать самостоятельную жизнь и переезжать от родителей, старшее поколение также проживает отдельно. Этот процесс стимулирует автомобилизацию, так как при прочих равных условиях каждому отдельному домашнему хозяйству потребуется автомобиль (автомобили) (Рисунок 1.14).

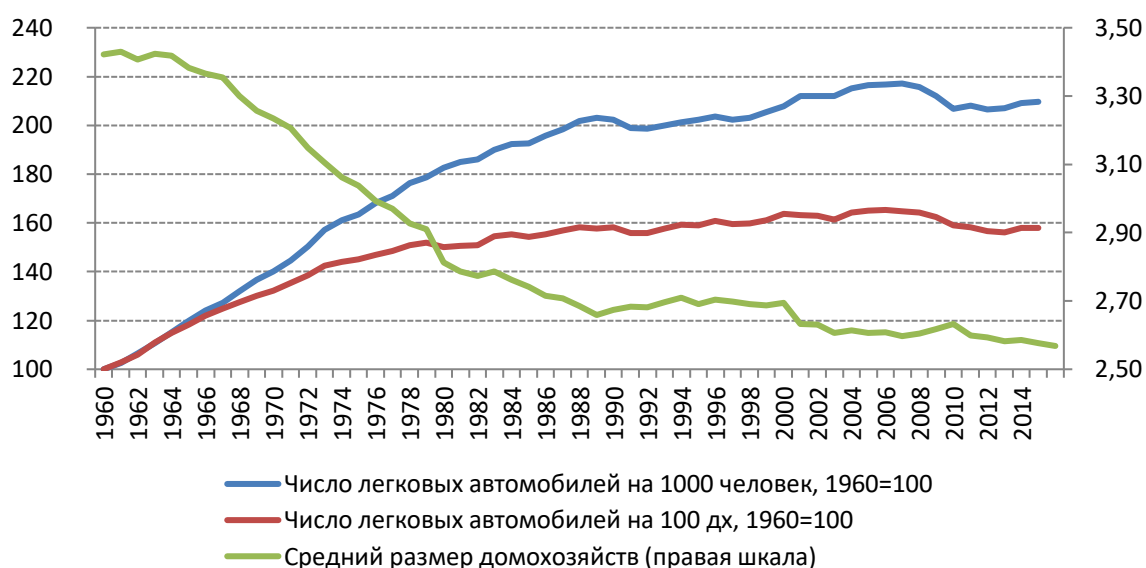


Рисунок 1.14 – Динамика числа легковых автомобилей на 1000 человек и на 100 домохозяйств в США. Источник: Расчеты автора на основе данных департамента транспорта США.

В рамках традиционного подхода, при прочих равных условиях, в качестве основной финансовой предпосылки покупки автомобиля принимается формирование достаточного свободного остатка доходов (имеется в виду разность между текущими доходами и обязательными платежами, а также расходами на текущее потребление). Представления о «достаточности» доходов определяются субъективной оценкой того периода времени, который требуется, чтобы накопить необходимые для покупки

средства. Если период времени, отделяющий потенциального покупателя от покупки, воспринимается им как приемлемый, то автомобиль входит в состав его потребительских ориентиров, которые существенным образом влияют на его поведение как в отношении текущего потребления, так и сбережения. Соответственно, при более продолжительных периодах, необходимых для накопления средств для покупки автомобиля, он не воспринимается как актуальный потребительский ориентир.

По мере развития экономики происходят три принципиальных изменения, которые способны существенно снизить барьеры входа потребителей на рынок автомобилей.

Во-первых, собственно рост накопленного парка автомобилей приводит в действие специфические факторы, относящиеся к рынку автомобилей, к характеристикам их предложения и к процессам их эксплуатации потребителем.

Рост парка автомобилей является предпосылкой формирования их вторичного рынка. С одной стороны, подержанные автомобили продаются по существенно более низким ценам, что делает их доступными для тех групп населения, которые пока не имеют доходов, достаточных для покупки новых автомобилей. С другой, продажа владельцем своего автомобиля на вторичном рынке расширяет его финансовые возможности на рынке новых автомобилей. Все это способствует расширению числа потенциальных покупателей с достаточным уровнем доходов и приводит к активизации процессов автомобилизации (или позволяет демпфировать последствия негативных изменений экономической конъюнктуры). На рисунке 1.15 показаны объемы рынков новых и подержанных легковых автомобилей в России в 2010 – 2019 годах. В 2015-2019 годах на фоне снижения доступности новых автомобилей их продажи уменьшились, а продажи подержанных – возросли. По сравнению с относительно благополучным для автомобильного рынка периодом 2011-

2013 годов доля новых автомобилей сократилась примерно в полтора раза – с 33-36% до 22 - 25%.

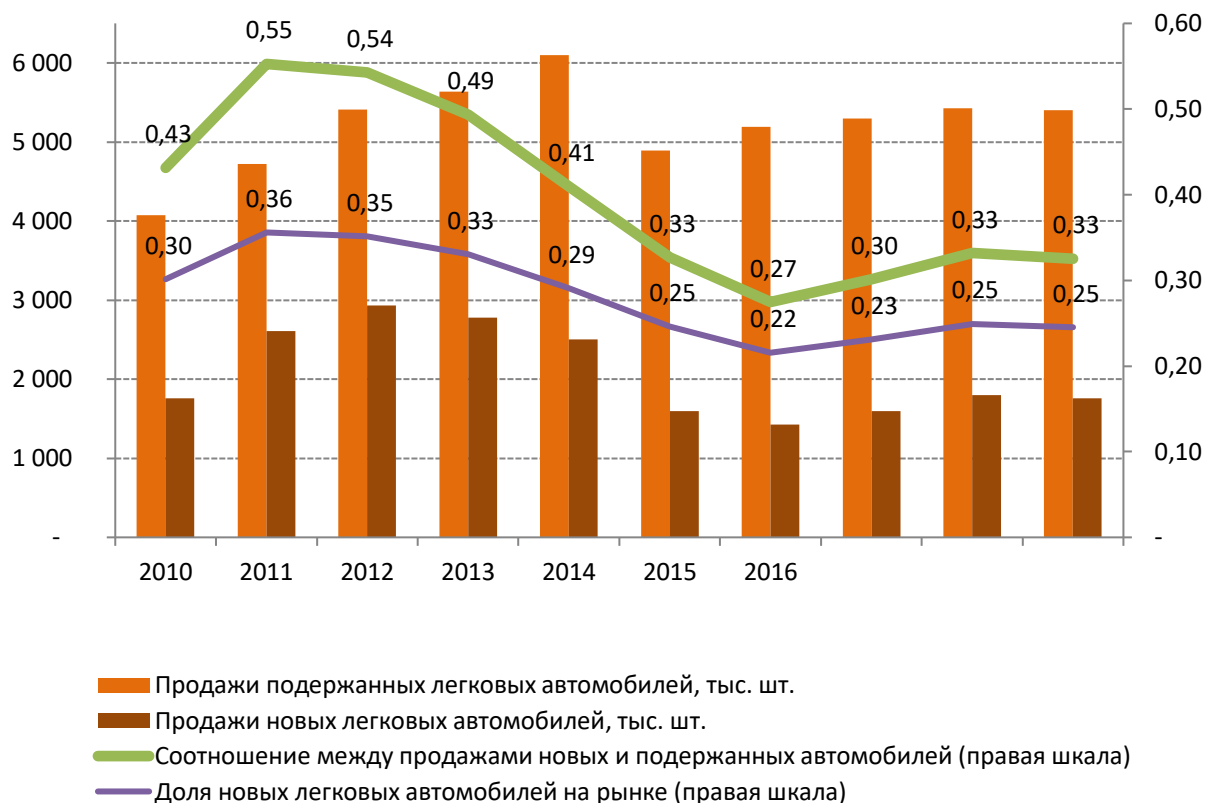


Рисунок 1.15 – Объемы продаж в РФ новых легковых автомобилей и легковых автомобилей с пробегом, тыс. шт. Источник: Расчеты автора на основе данных Автостата.

Во-вторых, важным фактором, активизирующим процессы автомобилизации, становится технический прогресс в автомобилестроении. С одной стороны, он проявляется в расширении спектра выпускаемых автомобилей, появлении на рынке моделей, ориентированных на покупателей, относящихся к разным доходным группам. Это способствует расширению социально-экономической базы автомобилизации, более активному вовлечению в автомобилизацию потребителей с относительно низким уровнем доходов. С другой стороны, технический прогресс приводит к росту скорости обновления моделей, предлагаемых на рынке. Появление автомобилей с новыми потребительскими характеристиками способствует сокращению периода времени, который проходит с момента покупки автомобиля и до

момента, когда его владелец вновь готов стать покупателем, поскольку его автомобиль, хотя и находится в приемлемом состоянии с точки зрения уровня его физического износа, воспринимается им уже как морально устаревший.

В-третьих, это развитие финансового сектора, который предлагает сначала общие, а затем и специализированные программы кредитования для покупателей автомобилей. Чем более доступны кредиты, тем более доступен и автомобиль. Иными словами, при одном и том же свободном остатке доходов покупки автомобилей будут выше в ситуации развитой системы кредитования.

Накопление парков автомобилей в развивающихся странах, отстающих по уровню социально-экономического развития от стран «пионерной» автомобилизации, происходит в ускоренном режиме. Этому способствует благоприятная конъюнктура мирового рынка - наличие диверсифицированного по уровням цен и качества предложения как новых, так и подержанных автомобилей. В развивающихся странах автомобилизация основывается как на импорте автомобилей, так и на инвестициях крупнейших мировых компаний, которые создают автосборочные предприятия на их территории. Это создает дополнительные возможности для «опережающей» структурной эволюции этих относительно слаборазвитых экономик, что проявляется и в сравнительных характеристиках уровня автомобилизации и автомобильного рынка. Вследствие этого темпы автомобилизации и уровень обеспеченности автомобилями населения отстающих в своем развитии стран оказываются существенно выше, чем в развитых странах (странах «пионерной» автомобилизации) при тех же уровнях среднедушевого ВВП.

По мере накопления парка автомобилей начинают проявляться различные негативные последствия автомобилизации (перегруженность транспортной инфраструктуры, снижение скорости движения, дефицит парковочных мест, растущее загрязнение окружающей среды), которые, как правило, резко обостряются на стадии «зрелой» автомобилизации. Они

формируют «механизм обратной связи», сдерживающий дальнейшее наращивание парка автомобилей и/или интенсивности их использования. С одной стороны, сокращается комфортность использования автомобиля, а, следовательно, и его привлекательность для покупателя. С другой - для борьбы с этими негативными эффектами правительства принимают различные ограничительные меры. Среди этих мер есть как организационные, так и экономические. К организационным мерам можно отнести [15]:

- квоты на покупку автомобилей;
- повышение требований к техническому состоянию автомобиля;
- планировочные и проектные решения, направленные на деинтенсивизацию использования автомобилей, ограничения скорости и интенсивности движения²;
- разрешение/запрет использования автомобиля по принципу четного/нечетного номера³;
- введение стандартов на максимально допустимое количество парковочных мест (особенно в центрах городов);
- создание зон ограниченного доступа;
- внедрение модели транспортных ячеек⁴;
- перераспределение дорожных полос в пользу общественного транспорта и/или карпулинга⁵.

К экономическим ограничительным мерам можно отнести [15]:

- повышение транспортного налога и акцизов на топливо;
- включение «экологических» налогов в стоимость автомобиля и топлива;

² Сужение улиц, уменьшение радиуса поворотов, островки с клумбами посередине проезжей части, «лежачие полицейские», широкие тротуары, частые пешеходные переходы и т.д.

³ Обычно это временная мера, она применялась в Сеуле во время Олимпийских игр, в Пекине, Мехико и Париже во время наиболее сильного загрязнения воздуха.

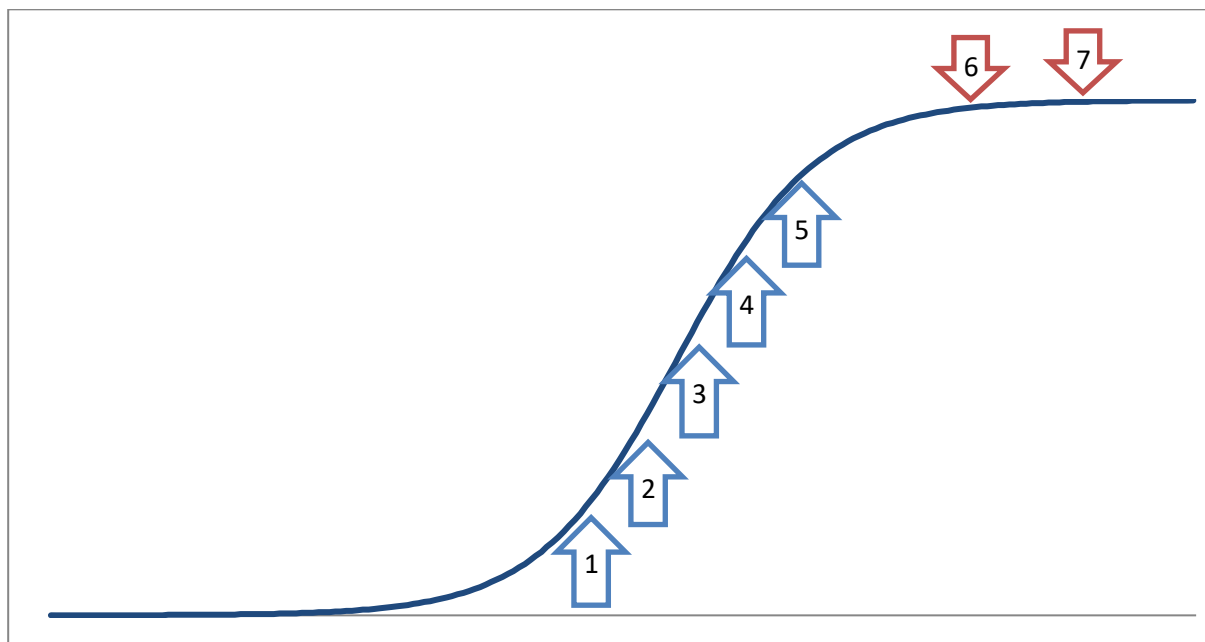
⁴ Модель предполагает деление городского пространства на несколько транспортных ячеек, причем накладывается запрет на проезд из ячейки в ячейку для всех видов транспорта, кроме общественного.

⁵ Карпулинг (от англ. carpooling) – практика поездок с попутчиками.

- внедрение платных дорог и зон платного въезда в городах;
- внедрение платы за пользование дорогами в часы пик и\или за использование перегруженных участков дорожной сети;
- увеличение и\или установление прогрессивного парковочного тарифа⁶;
- повышение регистрационных сборов и стоимости страховых платежей.

Такого рода действия, направленные на рационализацию стереотипов использования личных автомобилей, получили широкое распространение в контексте политики развития городов и\или экологической политики. Следует также отметить, что все эти ограничительные меры сопровождаются развитием общественного транспорта, повышением его доступности и комфорта для пассажиров, а также созданием и расширением инфраструктуры для других видов передвижения: велосипедного и пешего.

Таким образом, в рамках описанного подхода к моделированию обеспеченности населения легковыми автомобилями, можно следующим образом графически представить воздействие основных факторов на разных этапах автомобилизации (Рисунок 1.16).



⁶ Прогрессивный парковочный тариф предполагает увеличение платы за час парковки по мере возрастания ее длительности

Рисунок 1.16 – Графический образ процесса автомобилизации в рамках традиционного подхода. Факторы автомобилизации: (1) рост доходов, (2) формирование вторичного рынка автомобилей, (3) развитие автомобилестроения, (4) развитие кредитования, (5) формирование развитых международных автомобильных рынков, (6) пространственные ограничения, (7) экологические ограничения.

Прогнозы, основанные на описываемом подходе широко распространены в исследованиях как процессов автомобилизации [7 - 10, 12, 14, 16 - 18], так и формирования спроса на моторное топливо и другие энергоресурсы, потребляемые автотранспортом [11, 19 - 24].

1.1.2. Автомобилизация как «процесс с пиком»

Вместе с тем история первых двух десятилетий текущего века дает примеры того, что процессы автомобилизации, возможно, следует рассматривать не как «процессы с насыщением», а как «процессы, имеющие пик». Иными словами, обеспеченность автомобилями после определенного периода роста и стабилизации может перейти в стадию снижения. Это связано с тем фундаментальным обстоятельством, что потребность домашних хозяйств в автомобилях (и, соответственно, «уровень ее насыщения») является не заданной из-вне «поведенческой константой», достижение которой лишь регулируется различными факторами (доходом, состоянием рынка и т.п.). Эта потребность - переменная величина, зависящая от экономических, социальных, культурных, природных условий, в которых протекают процессы автомобилизации (или более широко – процессы развития экономики и общества).

Примером пика в динамике автомобилизации, обусловленного ужесточением государственного регулирования с целью недопущения критического ухудшения жизненной среды, могут служить статистика обеспеченности автомобилями населения Сингапура (Рисунок 1.17). В этом

городе-государстве из-за ограниченности пространства уже давно автомобили продаются в рамках квот. Желающие купить автомобиль вынуждены приобрести специальный сертификат на аукционе. Месячное количество таких сертификатов ограничено. Помимо сертификата, регистрационной пошлины, акцизного сбора и налогов покупатель оплачивает дополнительную регистрационную пошлину, составляющую 100% от стоимости автомобиля [25]. На всех автомобилях установлен прибор, в который вставляется платежная карта, с которой автоматически списывается плата за пользование парковкой и проезд по городу. Размер этой платы зависит от места проезда\парковки и времени суток [25].

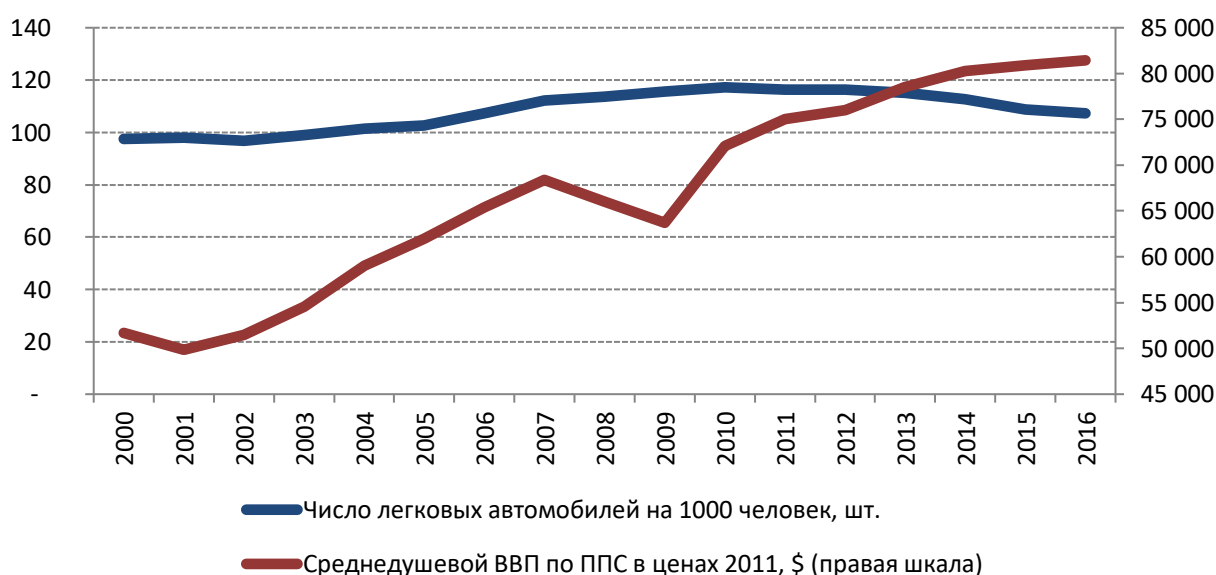


Рисунок 1.17 – Динамика числа легковых автомобилей на 1000 человек населения и среднедушевого ВВП в Сингапуре. Источник: Всемирный банк, Департамент дорожного транспорта Сингапура.

Именно поэтому, в 2000-2016 годах, несмотря на рост среднедушевого ВВП более чем в 1,5 раза до 81 тыс. долл. США (по ППС в ценах 2011 года), что позволило Сингапуру занять третье место в мире по этому показателю, обеспеченность населения легковыми автомобилями выросла всего на 10%. Число легковых автомобилей на 1000 человек в Сингапуре в 2016 году составило 107 единиц, что характерно для стран, характеризующихся

многократно более низким уровнем среднедушевого ВВП (ЮАР - 12 тыс. долл., КНР – 14 тыс. долл., Туркменистан - 16 тыс. долл., Азербайджан - 16 тыс. долл.). В то же время в странах с высоким уровнем развития, но с существенно меньшей плотностью населения, наблюдаются более высокие уровни обеспеченности населения легковыми автомобилями (Рисунок 1.18).

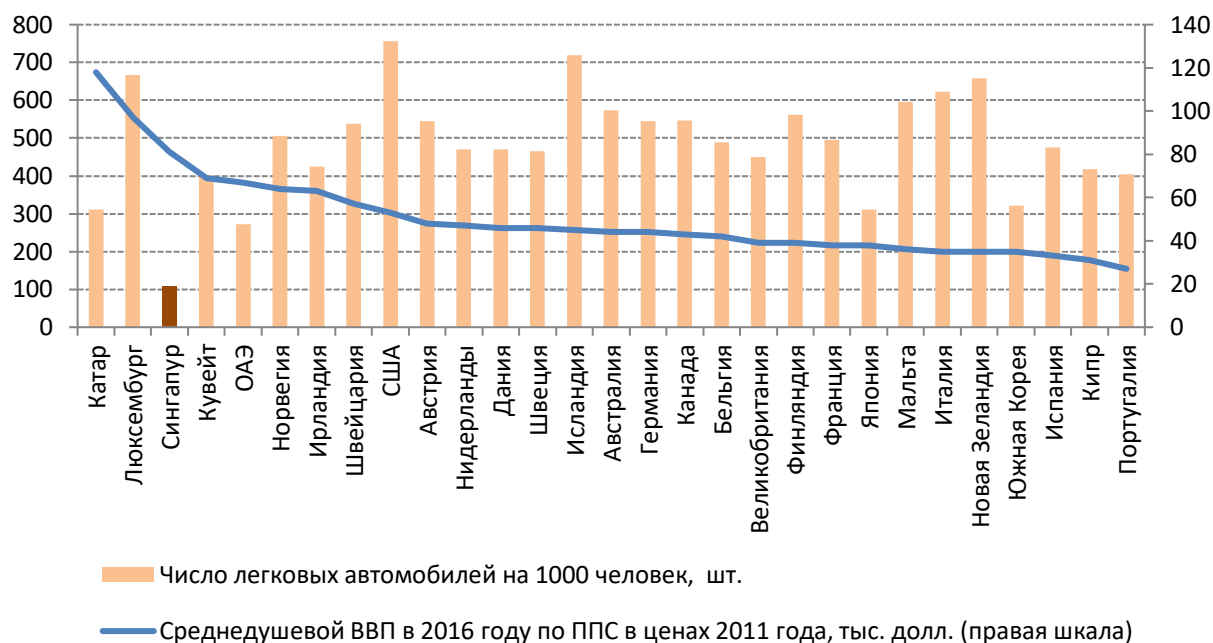


Рисунок 1.18 – Уровень автомобилизации в экономически развитых странах. Источник: Расчеты автора на основе данных Всемирного банка и статистических агентств.

С 2006 года наблюдается снижение числа легковых автомобилей на 1000 человек в Японии (Рисунок 1.12).

Существует ряд исследований, которые посвящены выявлению и объяснению перелома в интенсивности использования автомобилей в некоторых развитых странах. В докладе Гаргетта [26] рассматривается среднедушевая протяженность поездок с использованием дорожного транспорта в развитых странах. При этом отмечается, что в большинстве стран (страны западной и северной Европы, Канада, США, Израиль, Новая Зеландия) наблюдается переход к стабилизации этого показателя, а в Австралии, США и Японии намечается его снижение. В исследовании

Гудвина [27] анализируется среднелюдской пассажирооборот дорожного транспорта в развитых странах и также отмечается стабилизация этого показателя в большинстве стран (страны западной Европы, Австралия), а также его снижение в США, Японии и Великобритании.

Гудвин отмечает, что попытки объяснить наблюдаемый феномен можно разбить на две группы [27]. В первой группе в качестве объясняющих факторов выступают экономические переменные: доходы, цены на топливо, стоимость эксплуатации автомобиля (включая затраты на получение лицензии, покупку, страховку, сервис, парковку, платный въезд), субсидии общественному транспорту, регулирование и налогообложение коммерческих автомобилей, безработица [26]. Во второй группе внимание фокусируется на социальных, культурных и политических факторах.

Гудвин приводит следующие из них [27]:

1. Усиление роли общественного транспорта, а также пешеходного и велосипедного движения в экономическом процветании в некоторых из самых успешных городов.

С одной стороны, этот фактор Гудвин объясняет мерами государственного и\или городского управления, которые направлены на повышение доступности и качества общественного транспорта и других неавтомобильных видов передвижения. К таким мерам он относит организацию приоритетного доступа общественного транспорта к инфраструктуре, развитие городского железнодорожного сообщения и внедрение кольцевых линий, превращение городских центров в пешеходные зоны, выделение автомобильных полос для проезда только общественного транспорта или замещение их пешеходными зонами, повышение доступности (в том числе и ценовой) поездов и самолетов. С другой стороны, Гудвин указывает, что использование личного автомобиля становится менее удобным и экономически целесообразным по сравнению с использованием общественного транспорта ввиду введения и\или повышения экологических и

транспортных налогов, ввода платных дорог и зон с платным доступом, увеличения и\или установления прогрессивного парковочного тарифа, повышения регистрационных сборов и стоимости страховых платежей и других мер.

2. Развитие территориального планирования.

Здесь можно выделить перепланировку городских зон плотной застройки, перенос торговых и сервисных центров из пригородов внутрь города, создание привлекательных для жителей внутригородских жилищных комплексов, развитие общественных зон.

3. Временной бюджет на поездки.

С 70-х годов прошлого века в транспортных исследованиях [28] формируется концепция, в соответствии с которой население приспосабливается (то есть выбирают места размещения работы и проживания) к меняющимся инфраструктурным и транспортным условиям таким образом, что среднее время, затрачиваемое на поездки, оставалось примерно постоянным - примерно 1 час 10 минут в сутки [29]. Чезаре Марчетти [29] описывает эту взаимосвязь на примере Берлина: когда было распространено в основном пешее передвижение (то есть скорость была около 5 км/ч) диаметр Берлина составлял 5 км (такой же размер был свойственен и другим городам, а также деревням); распространение лошадиных повозок привело к росту диаметра города до 8 км; электрического трамвая – до 14 км; метро – до 32 км; автомобилей – до 40 км., то есть с увеличением скорости передвижения, увеличивается средняя дистанция поездок [30]. Наоборот, плотный трафик в городах значительно снижает среднюю скорость, а потому увеличивает среднее время, проведенное в дороге. Вследствие этого более привлекательными становятся другие (более скоростные виды передвижения) – наземный общественный транспорт, метро.

4. Уменьшение склонности к получению водительских лицензий среди молодых людей.

Как отмечается [31], несмотря на то, что сами молодые люди утверждают, что они откладывают обучение в автошколе, а не полностью отказываются от него, тем не менее, малая часть из них в итоге получает лицензию. Кроме того, начиная позже водить, они вносят меньший вклад в общий трафик.

5. Снижение престижа владения автомобилем.

Этот фактор Гудвин связывает с предыдущим, утверждая, что для молодых людей более желанными товарами, чем автомобиль оказываются компьютеры, смартфоны и другие гаджеты. Также отрицательное влияние на престиж владения автомобилем оказывает растущая озабоченность населения негативным воздействием автомобилей на окружающую среду и здоровье.

6. Контрсубурбанизация.

Имеется в виду возвращение поколения бэби-бумеров⁷ из пригородов в города после того, как их дети покинули дом, а также предпочтение новых поколений жить в городах и позднее создавать семьи. Эти сдвиги в расселении снижают потребность в личном автомобиле для ежедневных поездок из пригородов на работу, а с учетом транспортной политики городов, использование личного автомобиля внутри города является менее привлекательным по сравнению с использованием общественного транспорта [32].

7. Старение населения.

Гудвин обращает внимание на то, что продолжительность жизни населения увеличивается, и, несмотря на то что автомобилисты предпочитают владеть автомобилем и после выхода на пенсию, интенсивность его использования, скорее всего, снижается.

8. Развитие электронной торговли.

⁷ Этот феномен рассматривается как международное явление, затронувшее большинство развитых стран

Распространение интернет-торговли значительно расширило потенциал покупки и доставки товаров и услуг на дом. Это снижает потребность в личном автотранспорте и замещает его коммерческим.

9. Распространение удаленной работы.

Если раньше рабочие места людей, занятых интеллектуальным трудом (офисная работа), располагались, как правило, вне дома, то с распространением интернета и сопутствующим развитием технологий шифрования данных (защита пересылаемой информации) и программ для контроля сотрудников удаленно, а также программ коммуникаций (для удаленных совещаний), позволяет перенести рабочее место домой. Это выгодно как работнику, так и работодателю (экономия на содержании офисных помещений), кроме того – снижает потребность в поездках.

10. Распространение мобильного интернета и социальных сетей.

Распространение интернета позволяет получение доступа к нужной информации/развлечению или выход на связь без привязки к определенному месту. Это сделало переключение между различными видами деятельности практически мгновенным, не требующим перерыва на поездку. Кроме того, использование мобильного интернета и социальных сетей доступней во время поездок на общественном транспорте, а не за рулем автомобиля.

1.1.3. Массовое распространение совместного использования автомобилей как социальная инновация, способная кардинально изменить механизмы процессов автомобилизации

В перспективе двумя новациями, способными кардинальным образом повлиять на динамику процессов автомобилизации, являются распространение совместного использования автомобилей и появление беспилотного автомобильного транспорта.

Совместное использование можно определить как постоянное или эпизодическое использование одного актива несколькими людьми/домохозяйствами при том, что собственником его является только

один из них, компания или государство. Этот феномен относится к широкому кругу активов и имеет длинную историю. С давних пор совместно использовались самые разные предметы движимого и недвижимого имущества и сформировались разные формы совместного использования: аренда, краткосрочная аренда, безвозмездная аренда. Некоторые из них являются довольно традиционными и воспринимаются как нечто привычное: общественные блага (собственником чаще всего выступает государство); доходные дома и арендуемые помещения; такси, лизинг корпоративного транспорта и езда на автомобиле с попутчиками; взятие предметов быта у соседей, родственников или знакомых на время и т.д. В последнее время формируются новые формы совместного использования самых разных видов активов, ставшие технически возможными благодаря информатизации общества, и, что более важно, находящие спрос ввиду изменения отношения людей к феномену владения. Среди таких форм можно выделить:

1. На рынке недвижимости распространение краткосрочной аренды жилых (например, сервис Airbnb) и нежилых (лофты, коворкинги) помещений. При этом важную роль играют не только финансовые выгоды (аренда комнаты в Airbnb в среднем дешевле номера в отеле), но и другие преимущества: домашний комфорт, возможность общения и социализации [33].

2. На рынке мелкой бытовой техники распространение краткосрочной аренды предметов быта и досуга, которые используются эпизодически (сервисы RentMania, Locolo). Несмотря на то, что стоимость использования вещей, взятых в такую аренду, может быть довольно высокой, существуют выгоды, не измеряемых финансово напрямую, в частности, отсутствие необходимости хранить эти вещи дома.

3. На рынке сельскохозяйственной техники распространение лизинга и тайм-шеринга (распределенной краткосрочной аренды) в том числе в рамках коопераций небольших сельхозпроизводителей [34].

4. На рынке легкового автотранспорта распространение каршеринга (Belkacar, Демимобиль, Яндекс.Драйв и пр.), сервисов извоза (Uber, Яндекс Такси и пр.), карпулинга (Blablacar и др.), организуемых с помощью мобильных приложений, автомобиль как услуга (в котором услуги автомобилей предоставляются по подписке). При ежедневном использовании услуги этих сервисов на единицу пробега обходятся дороже, чем владение автомобилем, однако включают ряд преимуществ, выгоды которых не измеряются финансово напрямую. К ним относится отсутствие затрат времени и стресса, связанных с постановкой на учет, оформлением страховки, уплатой налогов, прохождением ТО, ремонтом, хранением и т. д.

Эти изменения в поведении людей связаны с иным восприятием владения товарами и обнаружением ими выгод в том, чтобы не владеть, а именно пользоваться. Эти выгоды могут быть связаны с удобством, экономией времени и отсутствием различного рода издержек. Кроме того, отказ от личного владения в пользу совместного использования сопровождается снижением престижа обладания определенными вещами. Таким образом, совместное использование относится скорее к социокультурным феноменам, чем к экономическим, хотя и имеет большое значение для социально-экономических процессов, которые затрагивает.

В сфере автомобилизации смена предпочтений людей относительно владения затрагивает как традиционные формы совместного использования (такси), так и его новые формы. Феномен такси, существовавший на протяжении 20-го века, трансформируется вместе с обществом. Если долгое время такси было дополняющим элементом различных типов организации мобильности: общественного транспорта (в ночное время или в случае специфических поездок) и личного автомобиля (например, в случае употребления алкоголя), то в настоящее время за счет изменений в отношении к владению и совместному использованию, такси выступает полноценным конкурентом личному автомобилю.

Что касается новых форм совместного использования, то важную роль приобретает каршеринг⁸, который зарождался как низовая инициатива узкого круга людей в Европе в 80-х - 90-х гг.[35]: например, в виде кооперативов в Швейцарии [36], на основе автомобильных клубов в Германии [37]. Идея каршерингового клуба в немецком Бремене состояла в том, чтобы его члены могли брать автомобили и возвращать на определенные стоянки подобно тележкам в супермаркете. Уже к 2011 году его сеть насчитывала 7 тыс. пользователей, которые совместно использовали около 200 автомобилей, что позволило убрать с улиц около 1500 автомобилей [37]. Швейцарская компания «Mobility Car Sharing Switzerland», образованная слиянием двух кооперативов, насчитывает 2950 автомобилей в 1500 местах и обслуживает 93700 клиентов [38]. Постепенно каршеринговые компании возникали в разных странах и городах Европы, возникали ассоциации (например, European Carsharing (1991 – 2007), Bundesverband CarSharing eV (с 2012)) с целью продвижения интересов своих членов. В 90-х в США и Канаде распространенность каршеринговых компаний была ниже: к 1998 году их насчитывалось всего 8, в то время как в Европе не меньше 40 [36], однако к середине 2000-х их стало 28 (1,7 тыс. автомобилей и 88 тыс. участников) [39], к 2010 г. 33 (7,5 тыс. автомобилей и 320 тыс. участников) [40], к 2015 г. 42 (25,5 тыс. автомобилей и более полутора миллиона клиентов) [41]. Благодаря развитию ИКТ и особенно геолокационных технологий, бум новых услуг мобильности, пришелся на последние десять лет. Помимо расцвета каршеринга и трансформации такси (было даже введено понятие ехейлинга⁹, к которому причисляют такие компании как Яндекс Такси, Lyft, Uber, Curb, Gett, Via, Juno [42]) формируются новые сервисы карпулига¹⁰ (например, BlaBlaCar). С 2015 года каршеринг набирает популярность и в России: в 2019 году в Москве работали

⁸ От англ. «carsharing» - практика совместного использования автомобилей несколькими пользователями/домохозяйствами

⁹ От английского «e-hailing» - способ заказа такси или аренды автомобиля с водителем с помощью компьютера или мобильного приложения

¹⁰ От английского «car-pooling» - практика поездок с попутчиками

14 компаний с общим парком 23000 автомобилей, причем было совершено более 47 млн. поездок за год [43, 199]. Также каршеринг представлен в Московской области, Санкт-Петербурге, Челябинске, Екатеринбурге и в городах Краснодарского края. Планируется запустить сервисы в Калининграде и Элисте [44].

Цифровые технологии предопределяют появление специализированных платформ и агрегаторов, которые позволяют организовывать поездки с использованием разных видов транспорта (общественного и легкового) с минимальными финансовыми и временными затратами. Это приводит к формированию концепции мобильности как услуги, аналогичной подписке на кабельные каналы или покупке пакета услуг связи [45].

Эта концепция (в иностранной литературе называемая Transport-as-a-service (TaaS) или Mobility-as-a-service (MaaS)) хорошо укладывается в современные представления о том, как должен быть устроен город и его транспортная система. Согласно им транспортный облик города должен формироваться не стихийно, а запланировано, при этом легковой автомобиль не конкурирует, но дополняет общественный транспорт. В соответствии с этим усилия городских властей направлены на снижение мотивов использования личных автомобилей и включение сервисов совместного использования в систему общественного транспорта.

Таким образом, уже сейчас совместное использование является важным фактором автомобилизации в городах и представляет конкурентоспособную альтернативу личному транспорту (как в части уровня финансовых затрат, так и затрат времени). Его дальнейшее развитие и распространение способны оказать существенное влияние как на динамику парка легковых автомобилей и интенсивность его использования, так и на стереотипы потребления и мобильности населения.

Во-первых, автомобиль, участвующий в совместном использовании (назовем его «совместно используемым автомобилем»), оказывается способен удовлетворить потребности в перевозках нескольких домашних хозяйств вместо одного. В случае совместного пользования на регулярной основе и сопутствующего отказа от личного автомобиля, совместно используемый автомобиль замещает несколько традиционных автомобилей (то есть автомобилей, используемых единолично). Другими словами, распространение совместного пользования создает предпосылки для относительного и даже абсолютного сокращения парка легковых автомобилей. Так опросы показывают, что пользователи каршеринга готовы отказаться от собственного автомобиля в 70% случаях [46].

Во-вторых, каршеринг и другие формы совместного использования играют значительную роль в смене стереотипов потребления и мобильности своих клиентов: не имея личного автомобиля под рукой, они избавлены от необходимости использовать его из принципа «лишь бы не стоял», больше пользуются общественным транспортом и велосипедами, ходят пешком [46]. Для людей, которые, не владея автомобилем, тем не менее, имеют возможность беспрепятственно и эффективно пользоваться им, автомобиль лишается своих символических атрибутов и из престижного товара превращается в средство удовлетворения одной из многочисленных потребностей. Обнаруживается, что долгосрочный положительный эффект от совместного использования достаточно велик: средний пробег совокупного парка (личного и совместно используемого) снижается по разным оценкам до 16% [47], снижается средний уровень затрат на поездки [46].

Из более рационального использования автомобильного парка и меньшего среднегодового пробега вытекают положительные экологические последствия, снижение уровня выбросов парниковых газов на одно домохозяйство может достигать 18% [46].

1.1.4. Беспилотные автомобили как технологическая инновация, способная кардинально изменить механизмы процессов автомобилизации

В эксплуатируемых уже в настоящее время автомобилях присутствуют элементы искусственного интеллекта и автоматического выполнения некоторых функций, в частности различные системы помощи водителю: система аварийного подруливания, система автоматической парковки, автоматическое регулирование динамики в зависимости от условий движения, электронная система курсовой устойчивости автомобиля

Последние годы характеризуются бумом внимания к технологиям автоматического вождения со стороны автопроизводителей, беспилотные автомобили являются продолжением сложившегося тренда в автомобилестроении по повышению превентивной безопасности.

В 2014 году сообщество автомобильных инженеров разработало стандарт автоматизации автомобилей [48], содержащий шесть уровней (Таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Уровни беспилотных совместно используемых автомобилей.

Уровень	Название	Описание	Задачи водителя	Задачи автопилота
Водитель осуществляет наблюдение за процессом вождения				
0	Автоматика отсутствует			
1	Система помощи водителю	Водитель должен быть готов в любой момент взять управление на себя. Могут присутствовать следующие автоматизированные системы: круиз-контроль, автоматическая парковочная система и система предупреждения о сходе с полосы	Рулевое управление, разгон, торможение; Наблюдение за процессом вождения;	Рулевое управление, разгон, торможение;
2	Частичная автоматизация	Водитель должен реагировать, если система не смогла справиться самостоятельно. Система может быть отключена.	Наблюдение за процессом вождения; Резервное выполнение задачи вождения	Рулевое управление, разгон, торможение;
Автопилот осуществляет наблюдение за процессом вождения				

3	Условная автоматизация	Водитель может не контролировать машину на дорогах с "предсказуемым" движением (например автобаны), но должен быть готов взять управление на себя.	Резервное выполнение задачи вождения	Рулевое управление, разгон, торможение; Наблюдение за процессом вождения;
4	Высокая автоматизация	Вмешательство водителя в обычных условиях не требуется		Рулевое управление, разгон, торможение; Наблюдение за процессом вождения; Резервное выполнение задачи вождения
5	Полная автоматизация	Полная автоматизация по всем аспектам вождения в любых условиях		Рулевое управление, разгон, торможение; Наблюдение за процессом вождения; Резервное выполнение задачи вождения

На данный момент уже разработаны автомобили и 3-го и 4-го уровней (то есть, по сути, беспилотные автомобили, в которых вмешательство водителя либо не требуется, либо требуется в особых случаях)¹¹.

Беспилотный совместно используемый автомобиль, интегрированный в сеть, взаимодействующий с другими автомобилями и инфраструктурой, имеет еще больший потенциал замещения традиционных автомобилей и улучшения

¹¹ Например, Audi A8 [49], Waymo. Также ведется активная разработка и тестирование автомобилей 4-го и 5-го уровня (презентации планируются на 2020 – 2021 гг.) от компаний GM [50], Ford [51], Renault-Nissan-Mitsubishi Alliance [52], Daimler [53], BMW [54], PCA [55], Toyota [56], Volvo [57], Baidu [58], Volkswagen [59, 60]. Не называя планируемой даты выхода на рынок, разрабатывают собственные беспилотные автомобили Honda [61], Hyundai [62], Jaguar Land Rover [63], Tesla [64]. Разработкой систем беспилотного вождения занимаются крупнейшие производители программного обеспечения и автокомпонент: NVIDIA совместно с Bosch работают над технологией беспилотного вождения 4-го уровня [65], которая станет частью роботизированного такси Mercedes [66]; Intel, Delphi and Mobileye объединенными усилиями намерены разработать платформу беспилотного вождения к 2019 году [67], которая станет частью автомобилей BMW [68]. Также в технологии беспилотного вождения инвестирует Samsung [69], Huawei [70], Microsoft в сотрудничестве с Toyota [71] и Volvo [72]; Continental AG [73], Magna [74], ZF [75], Alphabet. В России подобными разработками занимается Яндекс [76], Cognitive Technologies [77].

характеристик эффективности. Речь идет как о выборе оптимального маршрута (уменьшение числа пробок, уменьшение времени в пути при фиксированном расстоянии), так и о возможности совместного использования беспилотного автомобиля как в пределах одного домашнего хозяйства, так и среди клиентуры мобильного приложения.

Так же стоит отметить, что интеграция беспилотных совместно используемых автомобилей в общую сеть может быть вызвана не только соображениями более эффективной организации движения, но и установкой на повышение безопасности движения из-за возможности устранения источника систематических ошибок – водителя. Возможность коммуникации между бортовыми компьютерами разных автомобилей, а также снижение доли не интегрированных автомобилей (в том числе традиционных автомобилей) снижает риски аварийных ситуаций.

Уже сейчас проекты по созданию беспилотных автомобилей ориентированы на то, чтобы связать автоматизацию вождения с совместным использованием автомобилей.

Waymo (дочерняя компания Alphabet) запустила беспилотные такси в декабре 2018 года [78]; GM планирует выпустить автомобиль-беспилотник 5-го поколения (без руля и педалей) в качестве такси Maven; также к созданию собственных компаний совместного пользования (по принципу каршеринга и ехейлинга) подключаются Ford, BMW, Daimler, Volkswagen [79].

Еще одна тенденция, связанная с разработкой беспилотного транспорта, – его электрификация. Текущие и планируемые проекты в рамках концепции «мобильность как услуга» подразумевают создание онлайн систем подключенных к сети беспилотных совместно используемых *электрокаров*, выполняющих функции как личных автомобилей, так и общественного транспорта [80].

Технологические изменения могут также повлечь трансформации, касающиеся значимости автомобиля как престижного товара. С одной стороны, алгоритмизированность действий автопилота, его жесткое подчинение правилам дорожного движения снижает потребность в оснащении автомобилей мощными двигателями, что может вызвать унификацию на уровне их конструкции. С другой стороны, сервисы предоставления услуг могут оказаться в ситуации конкурентной борьбы в ходе которой будет формироваться разнообразие как внешнего вида подаваемого автомобиля, так и дополнительных услуг, которые можно будет получить во время его использования. Одновременно с этим может расширяться линейка совместно используемых беспилотных автомобилей. Это позволит перенаправить в сторону использования, а не владения тот запрос людей в престижном потреблении и самовыражении в области автомобилизации, который в настоящее время реализуется за счет демонстративных покупок автомобилей. Таким образом, перечисленные факторы могут сформировать новую систему предпочтений потребителей, в которой владение автомобилем (по крайней мере, в городах) перестанет быть одним из важных потребительских ориентиров.

В зависимости от режима использования беспилотных автомобилей степень замещения ими традиционных автомобилей может быть разной. Если личный беспилотный автомобиль, будет способен полностью обслуживать потребности в мобильности членов только одного домашнего хозяйства, то вытеснение можно оценивать на уровне 1 к 2 (один автомобиль-беспилотник вытесняет два традиционных автомобиля). Если один автомобиль-беспилотник в личной собственности используется совместно членами нескольких домохозяйств (связанных родственными, дружескими, соседскими узами), то степень замещения может стремиться к той, которая установится у коммерческих беспилотных совместно используемых автомобилей. Коммерческий беспилотный автомобиль, эксплуатация которого может

протекать практически непрерывно, по предположениям экспертов, способен вытеснить больше десяти традиционных автомобилей [80, 81]. Приближенную оценку степени замещения можно получить, сравнив интенсивность использования современных такси и автомобилей в личном пользовании в настоящий момент. Средний пробег личного автомобиля в России составляет около 46 км в сутки, причем у автомобилей возрастом до 3-х лет он больше (около 55 км) [82]. Средний пробег такси 200 – 350 км в сутки [83]. Если предположить, что интенсивность использования беспилотных совместно используемых автомобилей будет соответствовать интенсивности использования современного такси, оценки замещения личных автомобилей автомобилями-беспилотниками находятся в интервале от 4 до 8.

Стоит отметить, что описываемые изменения в большей степени коснутся крупных и средних городов, а также их пригородов, в силу того, что именно в урбанизированных районах возникает необходимость и возможность для совместного использования автомобилей и первоначального внедрения беспилотного автотранспорта. Вместе с тем, рассматриваемые процессы проявятся, хоть и в смягченном виде, и в сельских районах, и в межгородском сообщении.

В контексте прогнозирования динамики парка легковых автомобилей встает вопрос о потребности в услугах индивидуального транспортного средства в перспективе. С одной стороны, как уже было сказано, последние статистические наблюдения и исследования свидетельствуют в пользу того, что она снижается. С другой стороны, совместное использование автомобилей-беспилотников и удешевление их услуг может оказаться более привлекательной альтернативой традиционному общественному транспорту (вероятно тоже беспилотному), в таком сценарий можно рассматривать переток пользователей общественного транспорта в сферу каршеринга, что может кратно увеличить спрос на услуги индивидуального извоза в городах. С

этой точки зрения важной является интермодальная транспортная политика, проводимая городскими властями.

На рисунке 1.19 приведена схема, характеризующая механизмы формирования уровня обеспеченности автомобилями с учетом факторов, под действием которых автомобилизация может рассматриваться как процесс, имеющий «пик», а не «уровень насыщения».

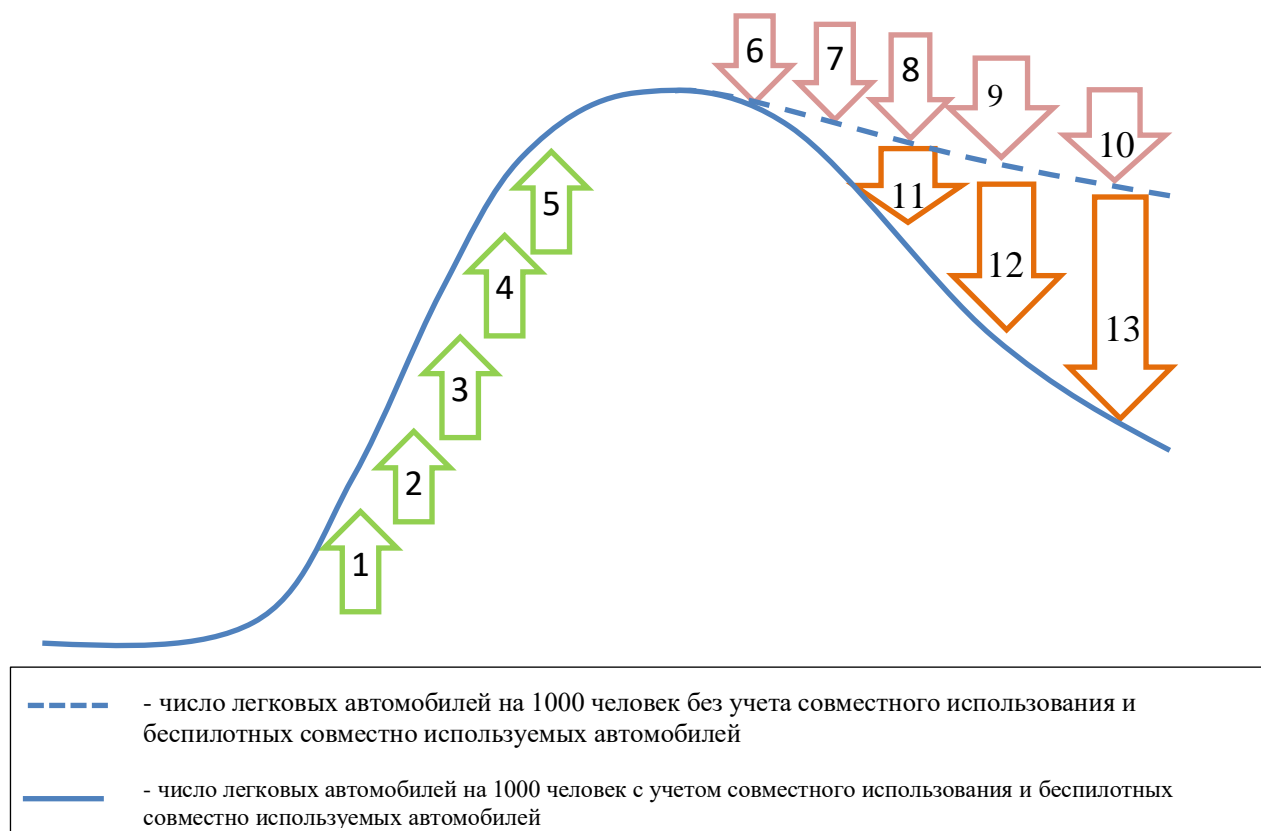


Рисунок 1.19 – Графический образ процесса автомобилизации в рамках подхода, который рассматривает ее не как «процесс с насыщением», а как «процесс с пиком». Факторы автомобилизации: (1) рост доходов, (2) формирование вторичного рынка автомобилей, (3) развитие автомобилестроения, (4) развитие кредитования, (5) формирование развитых международных автомобильных рынков, (6) пространственные ограничения, (7) экологические ограничения, (8) снижение престижа автомобильного владения, (9) эволюция расселения, (10) распространение интернета, (11) распространение совместного использования автомобилей, (12) распространение беспилотных автомобилей в секторе коммерческого извоза,

(13) распространение совместного использования беспилотных автомобилей во владении домохозяйств и формирование транспортной системы «мобильность как услуга» в городах.

Таким образом, есть основания предполагать, что кардинальная трансформация механизмов, которые определили особенности процессов автомобилизации в ретроспективе, может произойти в сценариях, рассматривающим взаимосвязанные инновации в двух сферах:

- социокультурной (распространения практик совместного использования автомобилей);
- технологической (внедрение беспилотных автомобилей).

Эти изменения должны найти адекватное отражение в содержании прогнозно-аналитических исследований, как, собственно, в области автомобилизации, так и в сопряженных областях, прежде всего, при разработке перспективной энергетической политики.

ГЛАВА 2. ИНСТРУМЕНТАРИЙ АНАЛИЗА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ АВТОМОБИЛИЗАЦИИ И ПОТРЕБНОСТИ В ЭНЕРГОРЕСУРСАХ

2.1. Концептуальная схема прогнозно-аналитического инструментария.

Построение прогнозно-аналитического инструментария является важным этапом для решения задач, сформулированных в диссертации. Он с одной стороны должен позволить провести вариантные сценарные прогнозные расчеты динамики и структуры потребности в энергоресурсах со стороны легковых автомобилей, с другой отражать концепцию формирования этого спроса.

Спрос на энергоресурсы со стороны легковых автомобилей определяется следующими параметрами: удельным потреблением топлив (на единицу пробега одного автотранспортного средства), сдвигами в структуре парка в пользу автомобилей, использующих альтернативные нефтепродуктам источники энергии, динамикой парка легковых автомобилей и средним пробегом легкового автотранспорта.

Что касается общего пробега легковых автомобилей, то он напрямую связан с мобильностью людей. Стоит отметить, что понятие мобильности является сложным и не однозначным. В современной социологии под началом британских ученых (Дж. Урри, М. Шеллер, Т.Крессвелла и др.) понятие мобильности приобрело важное значение и интерпретируется не как явление, а как парадигма, в рамках которой изучается перемещение людей, идей и вещей (индивидуальная мобильность, мобильность населения (миграция), коммуникации и сети, путешествия, пассажироперевозки, ограниченность в мобильности и исключенность). В связи с этим в поле рассмотрения попадает не только физическое перемещение людей, но и другие виды присутствия в другом месте или сближения с другими людьми/вещами. Джон Урри выделяет

пять видов мобильностей: перемещение предметов, перемещение людей, мобильность в воображении, виртуальная мобильность, мобильность посредством коммуникаций. Некоторые виды мобильности конкурируют и дополняют друг друга (физическое и виртуальное перемещение, перемещение людей и перемещение товаров), при этом соотношение между разными аспектами и формами мобильностей не является однозначным. Мобильность, отражающая перемещение каждого отдельного человека и измеряемая в пассажиро-километрах, не переводится в важный с точки зрения спроса на энергоресурсы показатель VMT (Vehicle-miles-traveled), отражающий совокупный пробег транспортных средств. Рассмотрим, например, две альтернативы перемещения из пункта А в пункт В: на автомобиле или на общественном транспорте. Поездка на общественном транспорте при прочих равных увеличит пассажиро-километры в большей мере, чем поездка на автомобиле, так как маршруты общественного транспорта фиксированы и не всегда совпадают с наикратчайшим путем из А в В, в то время как сеть дорог позволяет проложить индивидуальный маршрут, близкий к оптимальному. В то же время поездка на автомобиле увеличивает VMT (на расстояние между пунктами А и В), в то время как выбор поездки на общественном транспорте его не увеличивает (используемые транспортные средства совершили бы поездку вне зависимости от решения данного конкретного индивида). Таким образом, использование альтернативных видов транспорта вносит существенно разный вклад в величину мобильности, определенную разными способами. У показателей мобильности, определенных разными способами, может наблюдаться разная динамика и на нее влияют разные факторы. С этой точки зрения обязательным условием включением этой категории в исследование является строгое определение и его отделение от других возможных определений. В контексте данного исследования достаточным является рассмотрение показателя VMT (суммарного пробега транспортных средств данной категории), который напрямую связан с показателем совокупного потребления энергоресурсов. Этот показатель не отражает

напрямую важных характеристик мобильности каждого отдельного человека и населения в целом, таких как потребность в передвижении, способность к нему, число поездок, среднюю протяженность поездки и т. д. Некоторые косвенно отражаются его динамикой (потребность и способность к передвижению), в то время как структура VMT по использованным видам транспорта отражает результат выбора людей между разными способами передвижения. VMT легкого автотранспорта является важной характеристикой процесса автомобилизации: он является целью покупок автомобилей и их использования. Формально связь между парком автомобилей и VMT осуществляется посредством показателя среднего пробега одного автомобиля.

VMT легкового автотранспорта во многих странах не предоставляется статистическими службами. В США этот показатель получают с использованием Highway Performance Monitoring System – системы наблюдения за дорожным движением во всех штатах. Оценки VMT между штатами получают с помощью данных о потреблении моторного топлива. Совокупный VMT легкового автотранспорта непрерывно рос с середины 20-го века до середины 00-х 21-го века. Начиная с этого периода в динамике VMT наблюдается нестабильность (Рисунок 2.1). Замедление темпов роста и стабилизация в динамике среднеличного VMT наблюдается уже с начала 90-х, а периоду после середины 00-х соответствует его снижение (Рисунок 2.2). Показатель среднего пробега одного автомобиля за 80 лет вырос на треть, однако на протяжении последних 30 лет колеблется в достаточно узком интервале между 17000 и 19000 км в год (Рисунок 2.3).

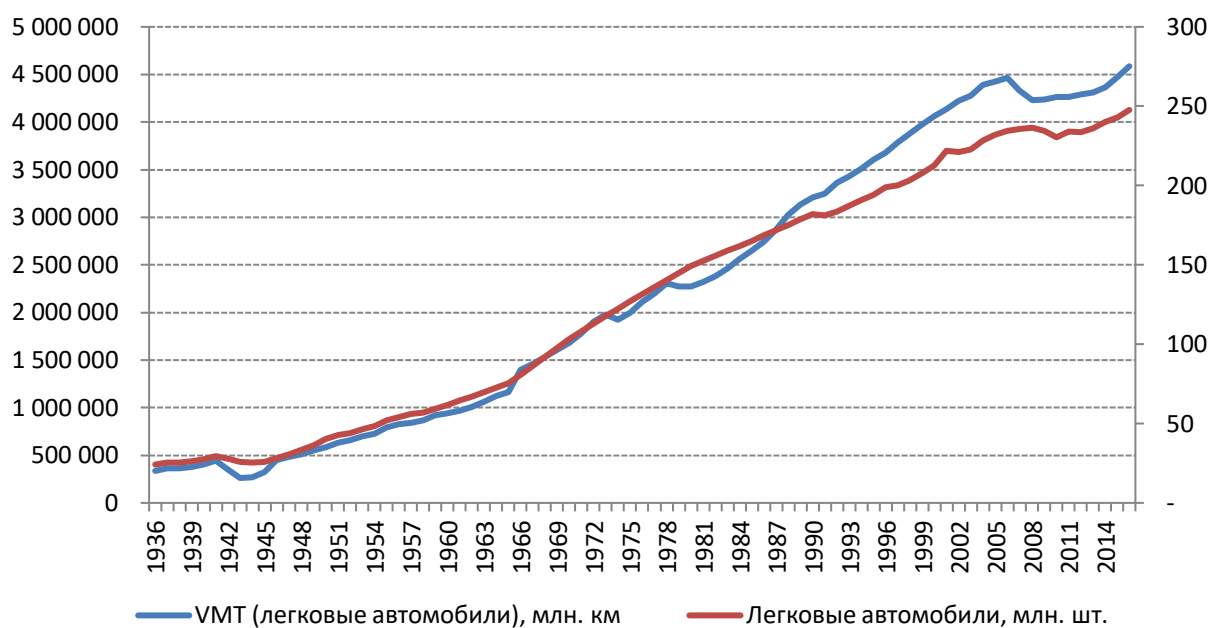


Рисунок 2.1 – VMT легкового автотранспорта и парк легковых автомобилей (правая ось) в США.

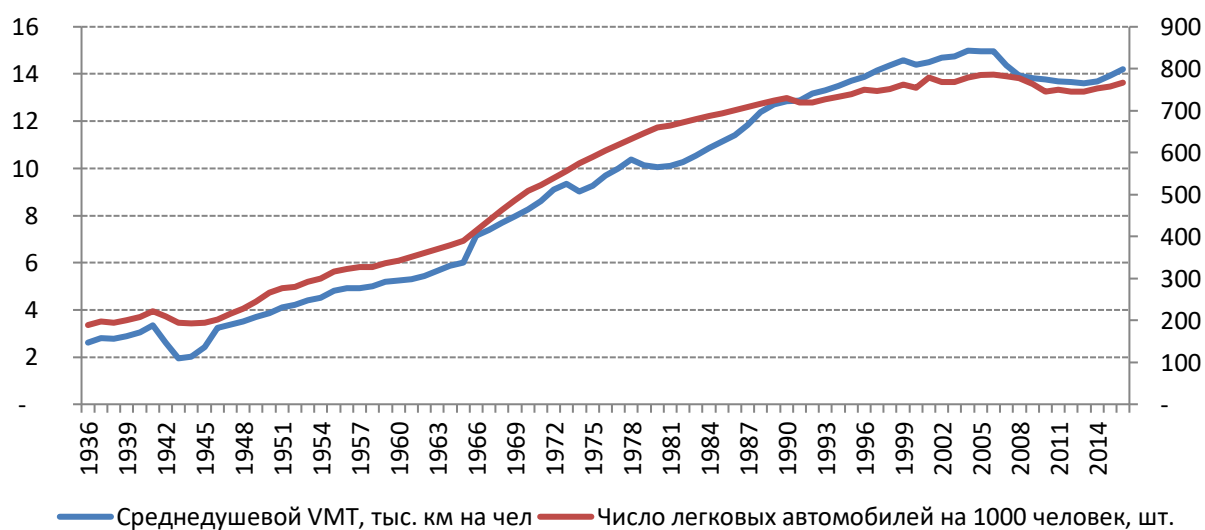


Рисунок 2.2 – Среднедушевой VMT легкового автотранспорта и число легковых автомобилей на 1000 человек (правая ось) в США.

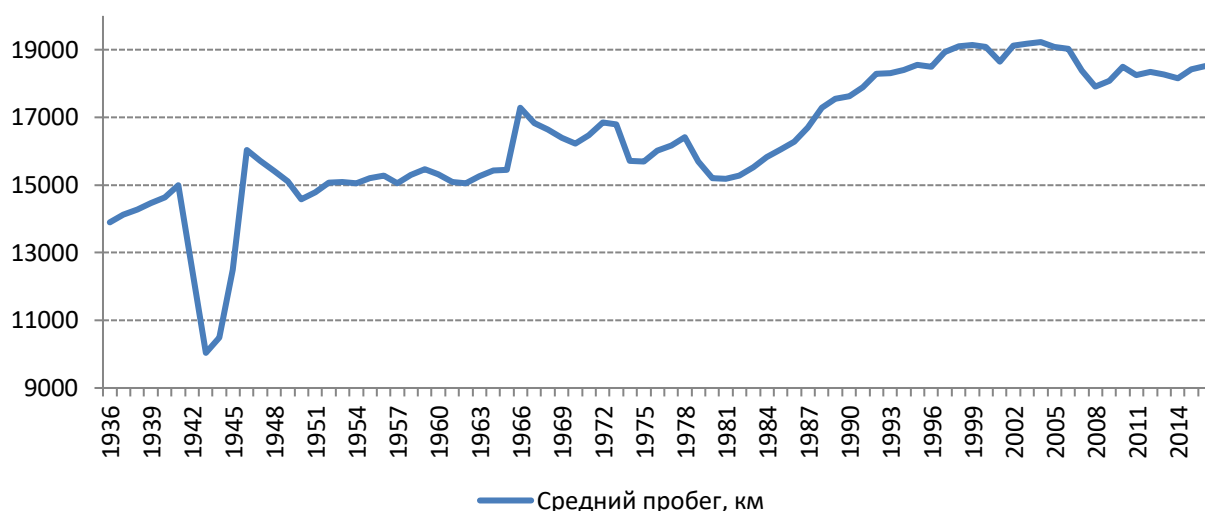


Рисунок 2.3 – Средний пробег одного легкового автомобиля в США.

Данные США, в частности, свидетельствуют о том, что между VMT и парком легковых автомобилей наблюдается корреляция. Это предопределяет родство и сходство методов исследований, посвященных прогнозированию парков и VMT. Некоторые исследователи оценивают показатель VMT напрямую, в то время как значительное число других исследователей оценивают отдельно величину парка легковых автомобилей *Fleet* и средний пробег одного автомобиля VMT_{car} , а затем, пользуясь тождеством $VMT = Fleet \cdot VMT_{car}$, оценивают совокупный пробег легкового автотранспорта. Второй подход представляется более содержательным ввиду того, что рассмотрение воспроизводства парка легковых автомобилей позволяет более детально рассмотреть процесс изменения его структуры как по видам используемых энергоносителей, так и по режиму его использования.

Описанные в разделе 1.2. представления о механизмах процессов автомобилизации и их трансформации под влиянием распространения практик совместного использования и беспилотных автомобилей легли в основу той части прогнозно-аналитического инструментария, которая посвящена оценке перспективной динамики и структуры парка легковых автомобилей.

Расчет параметров автопарка проводится в пять этапов.

На первом этапе проводится оценка перспективной потребности населения в легковых автомобилях в предположении сохранения сложившихся в ретроспективе закономерностей автомобилизации. Следует отметить, что это предположение содержит гипотезу, что в перспективе не произойдет существенных изменений в мобильности людей по сравнению с теми тенденциями, которые сложились в ретроспективе. Для этого используется подход, основанный на агрегированном анализе обеспеченности населения легковыми автомобилями (числа легковых автомобилей на 1000 человек населения), который нашел свое отражение в исследованиях Тейннера [5,13, 14], Могриджа [84], Силберстона [85], Бакстона и Риса [86], Фэйрхёрста [87], Баттона и соавторов [12], Захави [28], Спенсера [88], Корвера и соавторов [89], Притчарда и ДеБойера [90], Медлока и Солиго [91], Кобоса и соавторов [92], Хироты [93], Чамона и соавторов [16], Даргея и соавторов [8], Дабабраты и соавторов [6], Вонга и соавторов [17], Хао и соавторов [18], Хуо и соавторов [9], Ву и соавторов [10] и др. В российских исследованиях она представлена публикациями Эткина [7], Эдера и Немова [11] и др.

В соответствии с описанием этого подхода в разделе 1.2. отметим, что его основной чертой является то, что процесс автомобилизации представляется как «процесс с насыщением».

Простейшими моделями «процесса с насыщением» являются S-образные функции, которые характеризуются медленным ростом на начальном этапе, ускорением роста, имеют точку перегиба, после которой рост постепенно замедляется по мере приближения к верхнему пределу (горизонтальной асимптоте) (Рисунок 1.13).

В качестве независимой переменной выступает фактор экономического развития. Адекватное включение этого показателя в модель требует предварительного анализа взаимосвязи между показателями экономического развития и уровнями автомобилизации. Первое, что стоит отметить, это

отсутствие корреляции между ними при снижении уровней среднедушевого ВВП. Хорошим примером выступает Россия, в которой такое снижение наблюдается регулярно, однако обеспеченность населения легковыми автомобилями постоянно растет (Рисунок 2.4). Это связано с тем, что снижение экономических показателей влияет на обеспеченность через динамику продаж и выбытий, разность которых определяет прирост уровня автомобилизации. Таким образом, периоды кризиса отражаются на динамике обеспеченности в виде снижения темпов ее роста, но никак не уменьшения ее значений, а потому включение показателя среднедушевого ВВП в модель напрямую было бы некорректным. Во-вторых, следует учесть то, что на динамику обеспеченности оказывают влияние показатели экономического развития не только текущего периода, но и предыдущих [14].

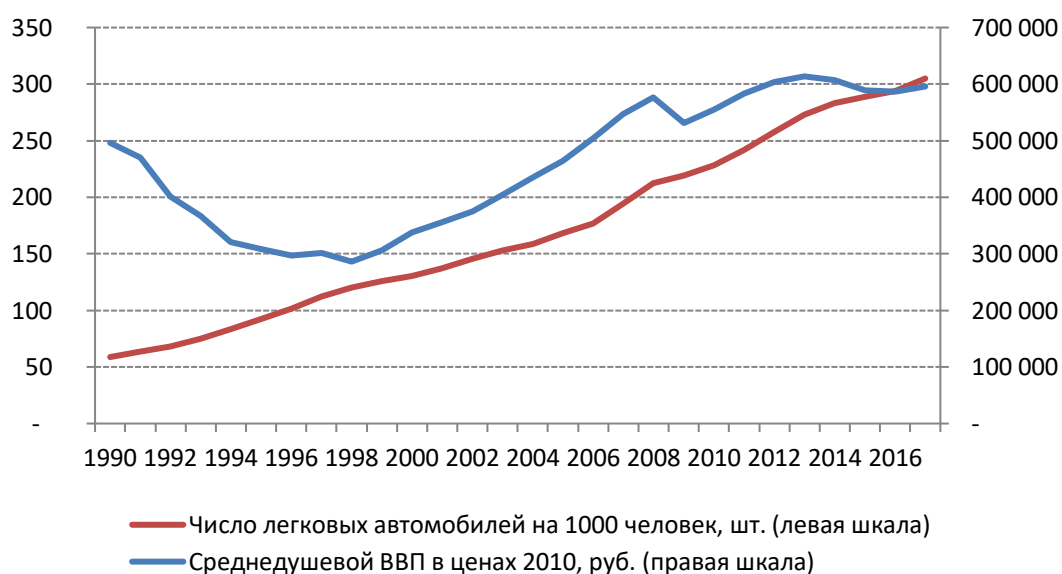


Рисунок 2.4 – Обеспеченность населения легковыми автомобилями и среднедушевой ВВП в постоянных ценах в России (**в периоды снижения среднедушевого ВВП обеспеченность не снижается**).

Эти два замечания можно учесть, взяв в качестве независимой переменной аналог благосостояния, в дальнейшем мы будем обозначать его как накопленный дисконтированный среднедушевой ВВП (ндсВВП), определяемый следующей рекуррентной формулой:

$$W(t) = c \cdot W(t-1) + GDP(t),$$

где $GDP(t)$ - среднедушевой ВВП в постоянных ценах в период t ; c – коэффициент дисконтирования: $0 \leq c \leq 1$.

С одной стороны ндсВВП учитывает влияние экономического развития в предыдущие периоды на процессы автомобилизации, степень влияния тем меньше, чем дальше этот период от текущего (что учитывается с помощью коэффициента дисконтирования). С другой стороны, уменьшение уровня ВВП в текущем периоде воздействует на темп прироста ндсВВП и не приводит к его уменьшению, что в свою очередь не приводит к снижению показателя обеспеченности в модели.

Рекуррентное соотношение, определяющее ндсВВП, может быть переписано в виде:

$$W(t) = \sum_{k=0}^{\infty} c^k \cdot GDP(t-k),$$

где $GDP(t)$ - среднедушевой ВВП в постоянных ценах в период t ; c – коэффициент дисконтирования: $0 \leq c \leq 1$.

Это означает, что рекуррентная формула подразумевает бесконечное суммирование остатков показателей экономического развития всех предыдущих периодов. Более содержательным может быть некоторое ограничение на количество периодов, которые необходимо принимать в расчет, и тогда ндсВВП можно определить как:

$$W(t) = \sum_{k=0}^N c^k \cdot GDP(t-k),$$

где $GDP(t)$ - среднедушевой ВВП в постоянных ценах в период t ; c – коэффициент дисконтирования: $0 \leq c \leq 1$; N - количество значимых периодов.

Однако при небольших значениях коэффициента дисконтирования (меньших 0,6) веса предыдущих периодов довольно быстро уменьшаются (Рисунок 2.5), поэтому различия в результатах оценивания при суммировании на бесконечном интервале или ограниченном будут несущественными.

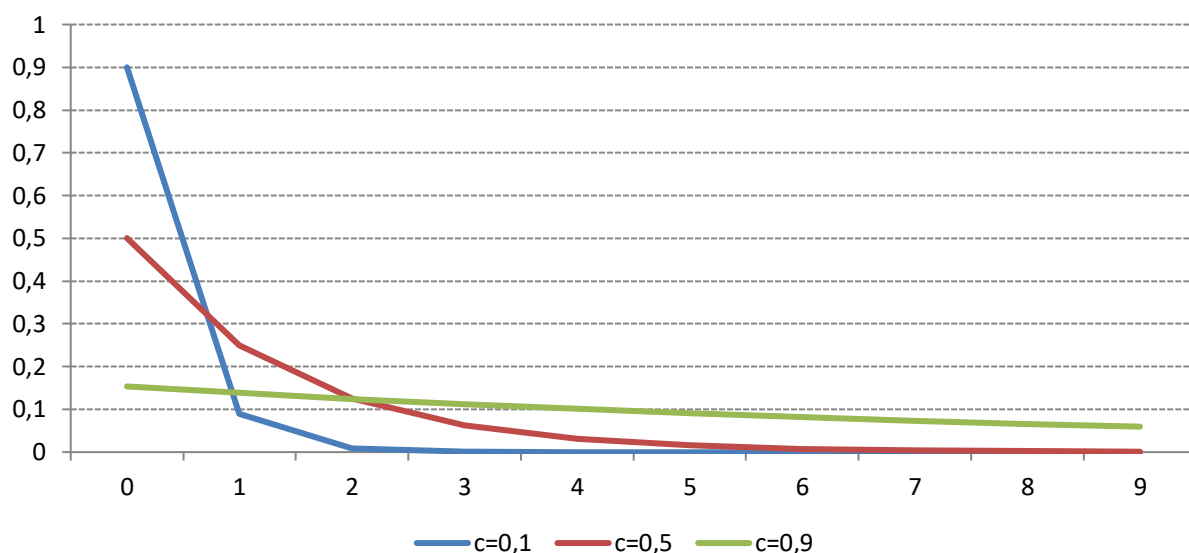


Рисунок 2.5 – Веса показателей среднедушевого ВВП в зависимости от номера периода (по горизонтальной шкале) в показателе ндсВВП при различных значениях коэффициента дисконтирования. Источник: Расчеты автора.

Таким образом, на первом этапе расчетов оценивается перспективная потребность населения в легковых автомобилях в предположении сохранения сложившихся в ретроспективе закономерностей автомобилизации, выраженная как показатель числа легковых автомобилей на 1000 человек с помощью следующей формулы:

$$O(t) = \frac{O_{\max}}{1 + e^{a(b-W(t))}},$$

где $O(t)$ - обеспеченность автомобилями в период t ;
 $W(t) = c \cdot W(t-1) + GDP(t)$ - накопленный дисконтированный среднедушевой ВВП в постоянных ценах в период t ; $GDP(t)$ - среднедушевой ВВП в постоянных

ценах в период t ; O_{\max} - уровень насыщения (максимальное число автомобилей на 1000 человек, задается экзогенно); a , b , c - оцениваемые параметры, $a > 0$ характеризует скорость роста кривой, b – сдвиг кривой по горизонтальной оси относительно нуля, c – коэффициент дисконтирования: $0 \leq c \leq 1$.

На *втором этапе* оценки парка, полученные на первом этапе, корректируются с учетом принимаемых гипотез относительно изменений в потребности к передвижению, в частности ее возможного снижения в силу цифровизации городов. Касательно мобильности цифровизация в первую очередь способствует замене физических встреч и присутствия виртуальными; замене перемещения людей перемещением товаров и услуг. На этом фоне растет престиж владения и использования цифровых технологий, а автомобили постепенно выходят из группы товаров демонстративного потребления. Автоматизация производств, распространение удаленной работы также могут способствовать снижению физического перемещения людей и VMT легкового автотранспорта соответственно. Развитию этих тенденций благоприятствует доминирование поставщиков цифровых услуг и товаров, в частности крупных технологических и интернет компаний (Amazon, Facebook, Google, Apple и т. д.) которые крайне заинтересованы в нем. Для нарастания цифровизации не требуется политической воли властей и вмешательства регулятора; она является следствием рыночных взаимоотношений, в ее развитии проявляют заинтересованность как потребители, так и производители.

В связи с вышеперечисленной важной частью инструментария является наличие возможности изменять парк легковых автомобилей, необходимых для удовлетворения потребности людей в перемещении с учетом влияния цифровизации.

На *третьем этапе* полученные на втором этапе оценки парка легковых автомобилей корректируются с учетом распространения совместного использования, основным драйвером которого выступают беспилотные легковые автомобили.

В соответствии с концепцией, изложенной в разделе 1.2, основной механизм влияния совместного использования может быть описан следующим образом. Совместно используемые автомобили эксплуатируются интенсивней традиционных¹². По мере того, как люди будут отказываться от личного владения в пользу совместного использования при прочих равных для выполнения одной и той же транспортной работы потребуется меньшее количество автомобилей. Это может выражаться в меньших темпах роста парка и продаж по сравнению с ситуацией, когда совместное использование не распространено (*базовой ситуацией*), или даже снижении абсолютных значений этих показателей. При этом показатель обеспеченности может иметь тенденцию к долговременному снижению. Описание этого процесса можно сформулировать в терминах замещения: выполняя транспортную работу, в несколько раз превосходящую работу традиционного автомобиля, один совместно используемый автомобиль замещает сразу несколько традиционных автомобилей (замещение в парке). Физически замещение происходит через объем продаж и выбытие: количество продаваемых автомобилей будет меньше по сравнению с базовой ситуацией, так как не все выбывающие автомобили будут требовать замены (часть из них будет компенсироваться совместно используемыми автомобилями). Тем самым каждый проданный совместно используемый автомобиль с некоторым лагом снижает мотивы покупки сразу нескольких традиционных автомобилей (то есть замещает их в продажах).

¹² Автомобили, не используемые совместно,

В силу того, что как минимум в рассматриваемой перспективе, остаются мотивы сохранения традиционных автомобилей в сельской местности и в малых городах (или для передвижения вне пределов мегаполисов и крупных городов) на третьем этапе расчетов предусмотрена возможность экзогенного задания остаточной доли традиционных автомобилей в совокупных продажах легковых автомобилей.

На *четвертом этапе* расчета оценивается масштаб изменения структуры парка легковых автомобилей по типу используемых энергоносителей (нефтепродукты или электроэнергия) по мере повышения их доли в продажах традиционных и совместно используемых автомобилей. Основным рассматриваемый процесс на этом этапе расчета - конкуренция между автомобилями с ДВС и электромобилями, ход и промежуточные итоги которой будут определяться скоростью технологических изменений, приводящих к реальному удешевлению электромобилей, а также масштабами государственной поддержки их конкурентоспособности (субсидии производителям и потребителям, поддержка в развитии инфраструктуры, дестимулирование производства и продаж автомобилей с ДВС). Это будет связано с принятыми странами обязательствами по сокращению выбросов парниковых газов, мерами по нормализации экологической ситуации в крупных городах, а также и другими целевыми установками в области энергетической политики (например, установкой на повышение энергетической независимости).

На *пятом этапе* рассчитываются потребности в энергоресурсах со стороны легкового автотранспорта на основе оценок динамики и структуры парка легковых автомобилей, а также интенсивности его использования, определяемой как количество традиционных автомобилей, замещенных одним совместно используемым, полученных на предыдущих этапах. Ключевыми трендами перспективы помимо изменений в объемах, структуре и режимах использования автопарков, связанных с новыми технологическими и

социокультурными феноменами, являются общее повышение энергоэффективности выпускаемых двигателей (как внутреннего сгорания, так и электродвигателей) и относительное повышение эффективности расхода топлива именно беспилотными совместно используемыми автомобилями. Масштабы второго тренда на данный момент не могут быть в полной мере оценены, эксперты связывают его со следующими обстоятельствами. Во-первых, эффективность беспилотных автомобилей в навигации, достигаемая, в частности, за счёт коммуникаций автомобиль-автомобиль, автомобиль-инфраструктура и оптимизации с помощью оператора, может снизить простой в пробках (и как следствие расход топлива). Во-вторых, совместное использование автомобилей отрицательно влияет на суммарный пробег автомобиля за счет того, что ему реже требуется парковка между поездками. В-третьих, беспилотное управление допускает цепные поездки (колоннами). В таком режиме автомобиль, едущий пятым в колонне, тратит до 30% меньше топлива, чем первый [95]. В-четвёртых, энергоэффективность беспилотных автомобилей может быть выше вследствие меньшей по сравнению с традиционными автомобилями массой. Эксперты оценивают вероятность столкновения беспилотных автомобилей существенно ниже, а требования к превентивной безопасности как менее жесткие, что может позволить использование более легких материалов и простых конструкций при их создании [95]. В-пятых, распространение карпулинга (практик поездок с попутчиками) предопределяет повышение коэффициента загрузки, связанное с использованием одного автомобиля несколькими членами одного/нескольких домохозяйств одновременно. В-шестых, беспилотное управление может обеспечить заблаговременную адаптацию к изменениям в ландшафте и дорожной ситуации, что также позитивно сказывается на расходе топлива. В-седьмых, время разгона беспилотных автомобилей может снизиться, что также приводит к экономии топлива. В-восьмых, в условиях массового совместного использования парк автомобилей может стать более адаптированным под конкретные нужды пассажиров. В частности, для перевозки одного пассажира

не будет использоваться четырехместный автомобиль. Средняя масса автомобилей в парке может снизиться, что также должно привести к снижению среднего расхода топлива.

Все эти обстоятельства позволяют сформулировать гипотезу о том, что расход топлива беспилотных совместно используемых автомобилей будет эффективней, чем у традиционных. При расчете потребления топлива это учтено с помощью коэффициента эффективности, который повышается по мере все большего распространения новых автомобилей.

2.2. Описание ключевых элементов прогнозно-аналитического инструментария.

2.2.1. Номенклатура переменных и параметров модели

Входные статистические ретроспективные данные:

- Парк легковых автомобилей в период 2000 – 2019 гг., шт.
- Продажи легковых автомобилей в период 2000 – 2019 гг., шт.
- Парк легковых автомобилей с электродвигателем в период 2000 – 2019 гг., шт.
- Продажи легковых автомобилей с электродвигателем в период 2000 – 2019 гг., шт.
- Среднедушевой ВВП в сопоставимых ценах в период 2000 – 2019 гг., \$
- Численность населения в период 2000 – 2019 гг., чел.

Входные статистические перспективные данные:

- Среднедушевой ВВП в сопоставимых ценах в период 2020 – 2045 гг., \$ (прогноз OECD).
- Численность населения в период 2020– 2045 гг., чел. (прогноз ООН)

Входные контролируемые параметры первого этапа расчетов:

- Уровень насыщения (максимальное число легковых автомобилей на 1000 человек), шт.

- Коэффициент выбытия легковых автомобилей с 2020 по 2045 год, %

Входные контролируемые параметры второго этапа расчетов:

- Относительное изменение потребности в перемещении в перспективе вследствие цифровизации по сравнению с базовой ситуацией, %

Входные контролируемые параметры третьего этапа расчетов:

- Объем продаж совместно используемых легковых автомобилей, шт.

- Количество традиционных автомобилей, замещаемых одним совместно используемым автомобилем в продажах (степень замещения в продажах), шт.

- Остаточная доля легковых традиционных автомобилей в продажах, %

Входные контролируемые параметры четвертого этапа расчетов:

- Доля автомобилей с ЭД¹³ в продажах традиционных автомобилей, %

- Доля автомобилей с ЭД в продажах совместно используемых автомобилей, %

- Коэффициент выбытия традиционных автомобилей с ДВС¹⁴, %

- Коэффициент выбытия легковых традиционных автомобилей с ЭД, %

- Коэффициент выбытия совместно используемых автомобилей с ДВС, %

- Коэффициент выбытия беспилотных совместно используемых легковых автомобилей с ЭД, %

¹³ Электродвигатель

¹⁴ Двигатель внутреннего сгорания

Входные контролируемые параметры пятого этапа расчетов:

- Средний пробег традиционных автомобилей, км в год
- Средний удельный расход моторного топлива автомобилями с ДВС, литров на 100 км
- Средний удельный расход электроэнергии автомобилями с ЭД, кВт*ч на 100 км
- Коэффициент относительной энергоэффективности совместно используемых автомобилей по сравнению с традиционными

Основные выходные данные блока расчета автопарка:

- Объем совокупного парка легковых автомобилей в период 2020 – 2045 гг., шт.
- Объем парка легковых совместно используемых автомобилей с ЭД в период 2020 – 2045 гг., шт.
- Объем парка легковых совместно используемых автомобилей с ДВС в период 2020 – 2045 гг., шт.
- Объем парка легковых традиционных автомобилей с ЭД в период 2020 – 2045 гг., шт.
- Объем парка легковых традиционных автомобилей с ДВС в период 2020 – 2045 гг., шт.
- Интенсивность эксплуатации совместно используемых легковых автомобилей по сравнению с автомобилями с водителем в период 2020 – 2045 гг.

Дополнительные выходные данные блока расчета автопарка:

- Объемы продаж и выбытий для каждой группы легковых автомобилей: совместно используемые автомобили с ЭД, совместно используемые автомобили с ДВС, традиционные автомобили с ДВС, традиционные автомобили с ЭД, шт.

Основные выходные данные блока расчета потребности в энергоресурсах:

- Объем потребности в моторном топливе со стороны традиционных автомобилей с ДВС, т. н. э.
- Объем потребности в моторном топливе со стороны совместно используемых автомобилей с ДВС, т. н. э.
- Объем потребности в электроэнергии со стороны традиционных автомобилей с ЭД, кВт*ч
- Объем потребности в электроэнергии со стороны совместно используемых автомобилей с ЭД, кВт*ч

2.2.2. Первый этап расчетов.

На первом этапе оценивается перспективная потребность населения в легковых автомобилях в предположении сохранения сложившихся в ретроспективе закономерностей автомобилизации. Величина парка $Fleet_1(t)$ на первом этапе расчетов (без учета влияния распространения совместного использования) определяется по формуле:

$$Fleet_1(t) = \frac{O(t) \cdot Pop(t)}{1000},$$

где $O_1(t)$ - обеспеченность населения автомобилями, число автомобилей на 1000 человек (Ownership);

$Pop(t)$ - численность населения (POPulation).

В соответствии с соображениями, приведенными в разделе 2.1, число легковых автомобилей на 1000 человек, определяется как:

$$O_1(t) = \frac{O_{\max}}{1 + e^{a(b-W(t))}},$$

где $W(t) = c \cdot W(t-1) + GDP(t)$ - накопленный дисконтированный среднедушевой ВВП в постоянных ценах (Wealth); O_{\max} - уровень насыщения (максимальное число автомобилей на 1000 человек, задается экзогенно); a , b ,

c - оцениваемые параметры, $a > 0$ характеризует скорость роста кривой, b – сдвиг кривой по горизонтальной оси относительно нуля.

Баланс воспроизводства парка легковых автомобилей может быть записан в следующем виде:

$$Fleet_1(t) = Fleet_1(t-1) + Sales_1(t) - Withdr_1(t),$$

где $Fleet_1(t)$ - парк легковых автомобилей на первом этапе расчетов (без учета влияния распространения совместного использования);

$Sales_1(t)$ - объем продаж легковых автомобилей на первом этапе расчетов;

$Withdr_1(t)$ - выбытия легковых автомобилей на первом этапе расчетов (WITHDRAWALS).

Выбытия легковых автомобилей определяются по формуле:

$$Withdr_1(t) = ShareWithdr(t) \cdot Fleet_1(t-1),$$

где $ShareWithdr(t)$ - задаваемая экзогенно доля выбытия легковых автомобилей (SHARE of WITHDRAWALS of cars).

Объем продаж автомобилей на первом этапе $Sales_1(t)$ определяется на основе баланса парка и принятой гипотезы выбытия:

$$Sales_1(t) = Fleet_1(t) - (1 - ShareWithdr) \cdot Fleet_1(t-1).$$

2.2.3. Второй этап расчетов

Как отмечалось в разделе 2.1 одним из важных процессов, который может повлиять на процесс автомобилизации, является цифровизация городов. Инструментарий снабжен возможностью изменять базовую потребность в парке легковых автомобилей, определенную на первом этапе, чтобы учесть возможные эффекты цифровизации. Один из них может состоять в том, что потребность в физическом перемещении (в том числе с использованием легковых автомобилей) у людей может становиться ниже. Это может привести

к уменьшению не только средних пробегов, но и объема продаж легковых автомобилей. Для формализации этой идеи вводится коэффициент цифровизации $DigKoeff(t)$ (Digitalization Koefficient), показывающий на сколько процентов продажи легковых автомобилей могут быть ниже по сравнению с базовым случаем:

$$Sales_2(t) = Sales_1(t) \cdot (1 - DigKoeff(t))$$

Затем на основе гипотезы о выбытии и баланса воспроизводства парка определяются объемы выбытия и парка:

$$Withdr_2(t) = Fleet_2(t-1) \cdot ShareWithdr_1(t);$$

$$Fleet_2(t) = Fleet_2(t-1) + Sales_2(t) - Withdr_2(t)$$

2.2.4. Третий этап расчета.

На третьем этапе полученные оценки корректируются с учетом того влияния, которое может иметь распространение совместного использования автомобилей. Парк легковых автомобилей на этом этапе рассматривается как совокупность функционально разнородных частей: традиционных автомобилей (автомобилей, эксплуатируемых несовместно в рамках одного домохозяйства) и совместно используемых автомобилей. Для каждой из этих частей можно написать уравнения баланса их воспроизводства:

$$FleetShared(t) = FleetShared(t-1) + SalesShared(t) - WithdrShared(t)$$

, где $FleetShared(t)$ - парк совместно используемых автомобилей (FLEET of SHARED cars);

$SalesShared(t)$ - объем продаж совместно используемых автомобилей, задается экзогенно (SALES of SHARED cars);

$WithdrShared(t) = ShareWithdrShared(t) \cdot FleetShared(t-1)$ - выбытие совместно используемых автомобилей (WITHDRawals of SHARED cars);

$ShareWithdrShared(t)$ - доля выбытия совместно используемых автомобилей, задается экзогенно (SHARE of WITHDRawals of SHARED cars).

$$FleetTrad(t) = FleetTrad(t-1) + SalesTrad(t) - WithdrTrad(t)$$

, где $FleetTrad(t)$ - парк традиционных автомобилей (FLEET of TRADitional cars);

$SalesTrad(t)$ - объем продаж традиционных автомобилей (SALES of TRADitional cars);

$WithdrTrad(t) = ShareWithdrTrad(t) \cdot FleetTrad(t-1)$ - выбытие традиционных автомобилей (WITHDRawals of TRADitional cars);

$ShareWithdrTrad(t)$ - доля выбытия традиционных автомобилей, задается экзогенно (SHARE of WITHDRawals of TRADitional cars).

Объем продаж совместно используемых автомобилей задается экзогенно, основываясь на предположении о том, как быстро будут распространяться практики совместного использования, а также о сроках и масштабах распространения беспилотных автомобилей, которые могут предопределить экономичность и доступность сервисов совместного использования. Гипотезы выбытия обеих частей парка также задаются экзогенно на основе предположений о сроках службы и особенностях потребительского поведения. В силу того, что совместно используемые автомобили будут использоваться более интенсивно, сроки их службы ожидаются меньше, а соответственно доля выбытия выше, чем у традиционных автомобилей. В то же время выбытие традиционных автомобилей может зависеть не только от их физического износа, но и от морального: потребители, имея в распоряжении более привлекательную альтернативу в виде совместно используемых автомобилей, могут иметь

мотивы отказываться от традиционных автомобилей раньше, чем истекает их срок службы.

Единственный элемент балансов парков совместно используемых и традиционных автомобилей, который рассчитывается эндогенно, – объем продаж традиционных автомобилей. Он определяется на основе предположения о том, что каждая покупка совместно используемого автомобиля снижает мотивы покупки сразу нескольких традиционных автомобилей:

$$Sales_{Trad}(t) = (Sales_2(t) - Sales_{Shared}(t)) - (SubLevelSales(t) - 1) \cdot Sales_{Shared}(t)$$

, где $Sales_2(t)$ - объем продаж легковых автомобилей на втором этапе расчетов (с учетом цифровизации);

$Sales_{Shared}(t)$ - объем продаж совместно используемых автомобилей, задается экзогенно (SALES of SHARED cars);

$SubLevelSales(t)$ - степень замещения в продажах (SUBstitution LEVEL in SALES).

Совокупный объем продаж и выбытий на третьем этапе расчетов определяются как сумма соответствующих элементов парков совместно используемых и традиционных автомобилей:

$$Sales_3(t) = Sales_{Shared}(t) + Sales_{Trad}(t)$$

$$Withdr_3(t) = Withdr_{Shared}(t) + Withdr_{Trad}(t)$$

Парк легковых автомобилей на третьем этапе расчета (то есть с учетом воздействия распространения совместного использования) определяется балансовым образом:

$$Fleet_3(t) = Fleet_3(t-1) + Sales_3(t) - Withdr_3(t)$$

При этом тождество $Fleet_3(t) = Fleet_{Shared}(t) + Fleet_{Trad}(t)$ выполняется автоматически.

В силу того, что инструментарий будет применен к страновым показателям (парк и продажи во всей стране), а распространение совместного использования и сопутствующее замещение традиционных автомобилей, коснется преимущественно крупных городов, важным показателем выступает экзогенно задаваемая остаточная доля традиционных автомобилей в продажах $ResShareTradSales(t)$. Она показывает какова должна быть доля в продажах тех легковых автомобилей, которых новые процессы не затронут (в частности, эксплуатируемых в сельской местности, малых и средних городах).

Для сценариев, в которых предполагается массовое распространение совместного использования, характерным является рост доли совместно используемых автомобилей в продажах (как в силу увеличения объема их продаж в абсолютном значении, так и в силу замещения ими традиционных автомобилей). Это означает, что доля традиционных автомобилей будет уменьшаться вплоть до достижения значения $ResShareTradSales(t)$ (RESidual SHARE of TRADitional cars in SALES), после чего объем продаж совместно используемых автомобилей предполагается неизменным:

$$SalesShared(t) = SalesShared(t-1).$$

Объем продаж традиционных автомобилей при этом определяется по формуле:

$$SalesTrad(t) = Sales_2(t) - SalesShared(t).$$

2.2.5. Четвертый этап расчетов.

На четвертом этапе каждая из частей парка легковых автомобилей – парк традиционных автомобилей и парк совместно используемых автомобилей – в свою очередь рассматривается как совокупность разнородных частей – автомобилей с ДВС и автомобилей с электродвигателем (ЭД).

Для каждой из этих частей можно записать уравнения баланса воспроизводства парка, например для парка совместно используемых автомобилей с ЭД:

$$FleetSharedEl(t) = FleetSharedEl(t-1) + SalesSharedEl(t) - WithdrSharedEl(t)$$

, где $FleetSharedEl(t)$ - парк совместно используемых автомобилей (FLEET of SHARED cars with ELeCtric engine);

$SalesSharedEl(t)$ - объем продаж совместно используемых автомобилей, задается экзогенно (SALES of SHARED cars with ELeCtric engine);

$WithdrSharedEl(t) = ShareWithdrSharedEl(t) \cdot FleetSharedEl(t-1)$ - выбытие совместно используемых автомобилей (WITHDRawals of SHARED cars with ELeCtric engine);

$ShareWithdrShared(t)$ - доля выбытия совместно используемых автомобилей, задается экзогенно (SHARE of WITHDRawals of SHARED cars).

Аналогичные тождества можно записать для парка совместно используемых автомобилей с ДВС $FleetSharedICE(t)$, парка традиционных автомобилей с ЭД $FleetTradEl(t)$, парка традиционных автомобилей с ДВС $FleetTradICE(t)$.

Объем продаж автомобилей с ЭД определяется с помощью экзогенно задаваемой их доли в общих продажах, например, для совместно используемых автомобилей:

$$SalesSharedEl(t) = SalesShared(t) \cdot ShareElSalesShared(t),$$

где $ShareElSalesShared$ - доля автомобилей с ЭД в продажах совместно используемых автомобилей (SHARE of ELeCtric cars in SALES of SHARED cars).

Тогда объем продаж автомобилей с ДВС определяются как разность:

$$SalesSharedICE(t) = SalesShared(t) - SalesSharedEl(t).$$

Аналогичным образом определяются объемы продаж автомобилей с ДВС и ЭД в случае традиционных автомобилей.

Выбытие автомобилей с ЭД определяется с помощью экзогенно задаваемой его доли в парке, например, для совместно используемых автомобилей:

$$WithdrSharedEl(t) = FleetShared(t-1) \cdot WithdrShareElShared(t),$$

где *WithdrShareElShared* - доля автомобилей с ЭД в продажах совместно используемых автомобилей (SHARE of ELectric cars in SALES of SHARED cars).

Тогда выбытие совместно используемых автомобилей с ДВС определяется как разность:

$$WithdrSharedICE(t) = WithdrShared(t) - WithdrSharedEl(t).$$

Аналогичным образом определяются выбытия автомобилей с ДВС и ЭД в случае традиционных автомобилей.

2.2.6. Пятый этап расчетов.

Расчет потребления энергоресурсов на легковом автотранспорте проводится для каждого типа автомобилей в отдельности.

Для традиционных автомобилей с ДВС потребление моторного топлива *ConOilTrad(t)* (CONsumption of OIL by TRADitional cars) оценивается по формуле:

$$ConOilTrad(t) = FleetTradICE(t) \cdot MilTrad(t) \cdot RateOil(t),$$

где *FleetTradICE(t)* - парк традиционных автомобилей с ДВС (FLEET of TRADitional cars with ICE); *MilTrad(t)* - средний пробег традиционного

автомобиля, задается экзогенно (MILeage of TRADitional cars); $RateOil(t)$ - средний удельный расход моторного топлива двигателем внутреннего сгорания, задается экзогенно (RATE of OIL consumption).

Для традиционных автомобилей с ЭД потребление электроэнергии $ConElTrad(t)$ (CONsumption of ELectricity by TRADitional cars) оценивается по формуле:

$$ConElTrad(t) = FleetTradEl(t) \cdot MilTrad(t) \cdot RateEl(t),$$

где $FleetTradEl(t)$ - парк традиционных автомобилей с ЭД (FLEET of TRADitional cars with ELectric engine); $MilTrad(t)$ - средний пробег традиционного автомобиля, задается экзогенно (MILeage of TRADitional cars), $RateEl(t)$ - средний удельный расход электроэнергии электродвигателем, задается экзогенно (RATE of ELectricity consumption).

Для совместно используемых автомобилей с ДВС потребление моторного топлива $ConOilShared(t)$ (CONsumption of OIL by SHARED cars) оценивается по формуле:

$$ConOilShared(t) = FleetSharedICE(t) \cdot MilShared(t) \cdot RateOil(t) \cdot EffShared(t),$$

где $FleetSharedICE(t)$ - парк совместно используемых автомобилей с ДВС (FLEET of SHARED cars with ICE); $RateOil(t)$ - средний удельный расход моторного топлива двигателем внутреннего сгорания, задается экзогенно (RATE of OIL consumption); $MilShared(t) = MilTrad(t) \cdot IntShared(t)$ - средний пробег совместно используемого автомобиля (MILeage of SHARED cars); $MilTrad(t)$ - средний пробег традиционного автомобиля, задается экзогенно (MILeage of TRADitional cars); $EffShared(t)$ - относительная эффективность

расхода топлива совместно используемых автомобилей, задается экзогенно (EFFiciency of SHARED cars); $IntShared(t) = \frac{Fleet_2(t) - Fleet_3(t)}{FleetShared(t)}$ - интенсивность эксплуатации совместно используемых автомобилей по сравнению с традиционными (usage INTensity of SHARED cars); $Fleet_2(t)$ - парк легковых автомобилей на втором этапе расчета (то есть без учета влияния совместного использования); $Fleet_3(t)$ - парк легковых автомобилей на третьем этапе расчета (то есть с учетом замещения традиционных автомобилей совместно используемыми); $FleetShared(t)$ - парк совместно используемых автомобилей.

Для совместно используемых автомобилей с ЭД потребление электроэнергии $ConElShared(t)$ (CONsumption of Electricity by SHARED cars) оценивается по формуле:

$$ConElShared(t) = FleetSharedEl(t) \cdot MilShared(t) \cdot RateEl(t) \cdot EffShared(t),$$

где $FleetSharedEl(t)$ - парк совместно используемых автомобилей с ЭД (FLEET of SHARED cars with ELectric engine); $RateEl(t)$ - средний удельный расход электроэнергии электродвигателем, задается экзогенно (RATE of ELectricity consumption); $MilShared(t)$ - средний пробег совместно используемого автомобиля, определяется также как в предыдущем случае (MILeage of SHARED cars), $EffShared(t)$ - относительная эффективность расхода топлива беспилотных совместно используемых автомобилей, задается экзогенно (EFFiciency of SHARED cars).

Схема прогнозно-аналитического инструментария представлена на рисунке 2.6.

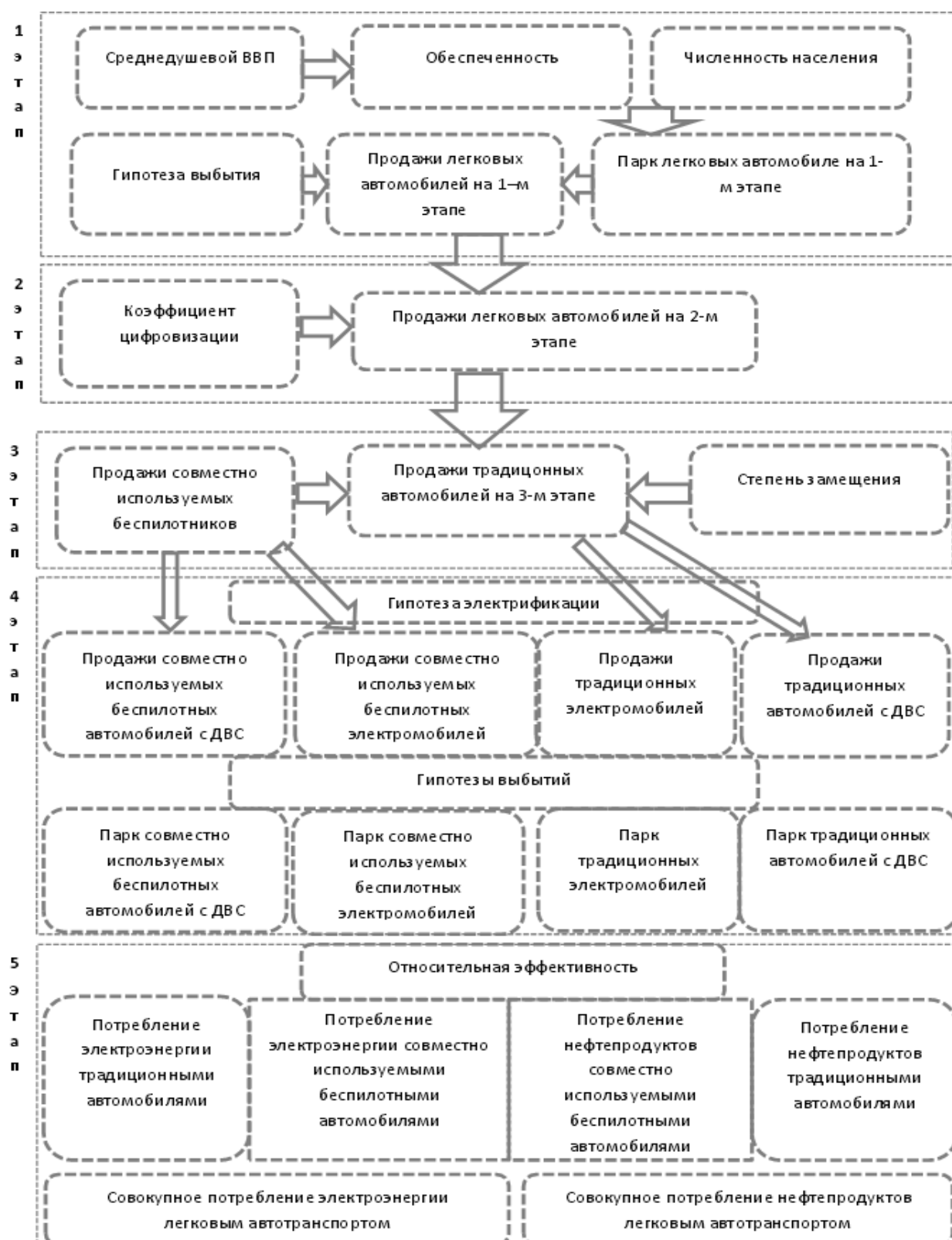


Рисунок 2.6 – Схема-расчета парка легковых автомобилей и потребления энергоресурсов.

ГЛАВА 3. ПРИКЛАДНОЕ СЦЕНАРНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПАРКА ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ И ПОТРЕБЛЕНИЯ ИМ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ (В РОССИИ И КРУПНЕЙШИХ ЭКОНОМИКАХ МИРА)

3.1. Основные тренды и перспективы развития автомобильных технологий и феномена совместного использования

Численные значения входных контролируемых параметров, описанных в подразделе 2.2.1. зависят от сценарных гипотез относительно развития процессов автомобилизации.

Предполагается, что основным драйвером для распространения совместного использования в перспективе будут служить беспилотные автомобили. Основанием для формулирования гипотез относительно темпов распространения беспилотных совместно используемых автомобилей являются озвученные планы и текущее состояние разработок в области автоматических систем вождения, осуществляемых автопроизводителями и разработчиками программного обеспечения; масштабы этих разработок (объем инвестиций, количество задействованных компаний); заявления правительств относительно изменения правил дорожного регулирования, позволяющего массовое использование беспилотных автомобилей; уже принятые и планируемые к принятию в ближайшее время поправки в правила дорожного регулирования; заявления относительно содействия и\или противодействия массовому распространению беспилотных легковых автомобилей.

Основанием для формулирования гипотез относительно темпов электрификации легкового автомобильного транспорта могут в первую очередь перспективы снижения стоимости покупки и эксплуатации электромобилей, связанные с удешевлением аккумуляторов; заявления правительств об ограничении и\или запрете продаж и\или использования

легковых автомобилей с ДВС в перспективе, а также текущие или планируемые в ближайшее время подобные ограничения в крупных городах; планы и текущее состояние стимулирования продаж и выпуска автомобилей, работающих на альтернативных видах топлива; планируемые и текущие проекты автопроизводителей по электрификации своей продукции. Если разработка и внедрение беспилотных автомобилей является скорее инициативой автопроизводителей (и они выступают основными выгодополучателями), то электрификация автотранспорта для автопроизводителей скорее вынужденная мера, которая проводится правительствами в рамках транспортной и экологической политики.

Помимо озвученных важными элементами сценарных гипотез относительно внедрения автомобилей-беспилотников и электромобилей могут выступать вероятность технических трудностей в разработке интеллектуальных систем управления и новых видов аккумуляторов; вероятность стоимостных препятствий (медленное снижение цен на аккумуляторы, рост цен на литий и кобальт); консерватизм потребителей относительно новых способов организации транспорта (резкое снижение интереса к совместному использованию автомобилей, скептическое отношение к автомобилям-беспилотникам); вероятность пересмотра текущих мер по поддержке совместного использования автомобилей и электромобилей и/или заявлений о таких мерах.

Кроме того, основные предположения, формулируемые в рамках сценариев, должны согласовываться с экспертными оценками будущего транспортных систем и процессов автомобилизации, сделанных другими исследователями и аналитическими агентствами.

Описанию и интерпретации приведенных выше факторов, определяющих сценарии автомобилизации в перспективе, будет посвящено основное содержание этого раздела.

3.1.1. Беспилотные легковые автомобили и совместное использование: текущее состояние и перспектива.

Как уже отмечалось в подразделе 1.2.4, в настоящее время большое внимание уделяется разработкам в области автоматического управления автомобилями со стороны автопроизводителей, разработчиков программного обеспечения и автокомпонентов. К разработке беспилотных автомобилей подключены все крупнейшие игроки рынка; разработаны и эксплуатируются системы помощи водителю (системы автоматического вождения 1 – 3 уровня); разработаны и тестируются беспилотные автомобили 4-го и 5-го уровня, их выпуск на рынок планируются в течение следующих 2 - 5 лет; отдельные проекты запущены в настоящее время. Параллельно развиваются разнообразные сервисы совместного использования на базе автомобилей с водителем: краткосрочной аренды автомобилей (каршеринг), массового такси (ехейлинг) и поиска попутчиков (карпулинг). Как отмечалось в подразделе 1.2.3, этот сектор также растет стремительно. Его развитие в крупных и средних городах может создать базу для распространения беспилотных совместно используемых автомобилей.

Возможные преимущества совместного использования беспилотных автомобилей экспертами видятся в следующем [94 - 96]:

1. Повышенная безопасность вождения, сокращение количества смертей в результате дорожных аварий¹⁵.
2. Снижение стресса, связанного с вождением.
3. Повышенная эффективность вождения и снижение веса автомобилей¹⁶, а потому как увеличенная топливная эффективность, так и меньшее количество выбросов.
4. Ускоренная электрификация.

¹⁵ Некоторые исследователи придерживаются альтернативной точки зрения, например [97]

¹⁶ Есть альтернативные прогнозы увеличения веса в следствие оснащения автомобилей дополнительной техникой и превращения их в мобильный офис[95]

5. Уменьшение количества автомобилей на дорогах, менее плотный трафик и, как следствие, меньшие затраты времени пассажиров на дорогу.

6. Высвобождение земельных ресурсов в городах в результате снижения требуемых парковочных площадей (как в силу более интенсивного использования автомобилей, так и в силу того, что беспилотный автомобиль сможет парковаться за пределами города).

7. Освобождение пассажиров от необходимости тратить время на поиск парковки (сейчас на него уходит от 30% до 60% времени, проведенного в поездке), и, как следствие, меньшие затраты времени пассажиров на дорогу.

8. Более высокая доступность мобильности для пожилых людей, людей с ограниченными возможностями и молодежи.

Также отмечаются возможные недостатки совместного использования беспилотных автомобилей [94 - 96]:

1. Высвобождение значительных трудовых ресурсов (водители) может привести к социальной напряженности, особенно в развивающихся странах.

2. Удешевление поездок¹⁷ может привести к вытеснению автомобилем общественного транспорта и других способов передвижения (велосипед, ходьба).

3. Удешевление поездок и прочие преимущества беспилотных автомобилей могут привести к расползанию городов, что повысит суммарную протяженность поездок (VMT¹⁸) и, как следствие, объемы выбросов вредных веществ.

4. Наличествует риск взлома системы управления автомобилем хакерами с возможностью использования автомобилей в преступных целях.

¹⁷ Удешевление поездок с использованием беспилотных совместно используемых электромобилей часто прогнозируется, однако можно отметить, что при этом не учитывается тот факт, что владельцы электромобилей в настоящее время не платят дорожный налог. В среднесрочной перспективе дорожный налог будет включен в стоимость эксплуатации электромобилей, что повысит удельную стоимость поездки [95]

¹⁸ Vehicle-miles-traveled

5. Существуют риски сбоя системы, которые могут способствовать повышению аварийности и смертности.

Новые автомобильные технологии рассматриваются как основной элемент концепции умных городов. Возможны два крайних сценария внедрения беспилотных совместно используемых автомобилей в городах. Первый состоит в том, что ключевым элементом городской транспортной системы будет общественный транспорт (железнодорожный, подземный, легкое метро), в то время как беспилотные автомобили будут встраиваться в него, предоставляя перевозки на «первых и последних милях»¹⁹. То есть в этом сценарии беспилотный совместно используемый транспорт выступает дополняющим и укрепляющим элементом транспортной системы. Вторым сценарием автомобили-беспилотники предоставляют услугу «от двери до двери», а потому конкурируют с общественным транспортом. То, какой сценарий осуществится, в значительной степени зависит от городского управления [98].

Помимо тех видов совместного использования, которые развивались в ретроспективе (каршеринг, ехейлинг, карпулинг (см. раздел 1.3)), распространение могут получить и формирующиеся сервисы, например, продающие подписку на транспортные услуги (на один автомобиль или несколько разных типов) [99]. Владельцами таких сервисов могут стать автопроизводители, которые вынуждены менять бизнес-модель: такие эксперименты проводят Toyota, Tesla, BMW, Daimler, GM и др. [99]. Например, BMW и Daimler объединили свои каршеринговые сервисы, создав сервис, включающий в себя сразу несколько видов услуг: краткосрочная аренда автомобилей, такси, подзарядка электромобиля, поиск парковки и прокладка оптимального маршрута. Совокупные инвестиции в развитие нового сервиса составят 1 млрд. евро., причем основным направлением станет

¹⁹ То есть от дома до жд станции или остановки и от нее до места назначения

пополнение его беспилотными автомобилями, работающими в режиме «мобильность как услуга» [100]. Свое развитие может получить идея сдачи личного беспилотного автомобиля в краткосрочную аренду другим пользователям [101]. Volvo даже планирует оснастить свою продукцию системой контроля скорости при сдаче автомобиля в аренду [102].

Следует отметить, что новые технологии не означают смерти автомобильных компаний и связанного с ними бизнеса: напротив, экономике пассажирского транспорта предрекается значительный рост за счет наполнения интерьера автомобилей электроникой, которая будет предназначена для разного рода развлечений и работы во время поездок, а также будет ориентирована на индивидуальные предпочтения пассажиров [99].

Одним из существенных препятствий на пути распространения беспилотных автомобилей может выступать отсутствие проработанной законодательной базы, которое способно отодвинуть распространение автономного вождения на 2-3 года после фактической готовности технологии [103]. В частности, Венская конвенция о дорожном движении (1968 г.) предписывает наличие в любом транспортном средстве водителя, который должен постоянно контролировать поведение автомобиля [104]. Участниками Венской конвенции являются 75 стран, в том числе Россия, большинство стран Европы, СНГ, некоторые страны Южной и центральной Америки, Африки [105]. В настоящее время обсуждаются возможные поправки к конвенции в рамках международного форума по гармонизации регулирования транспортных средств при Европейской экономической комиссии. В частности, в 2015 году внесена поправка, разрешающая использование некоторых технологий автоматического вождения, в том числе системы вождения 3-го и 4-го уровня. Тем не менее, базовые положения конвенции предполагают наличие водителя и его возможность принять управление на себя, что является препятствием для распространения беспилотных

автомобилей 5-го уровня [106]. В отдельных странах выпущены нормативные акты, разрешающие испытание беспилотных автомобилей на дорогах общего пользования, например во Франции [107], Швейцарии [108], Великобритании [109], Сингапуре [110], Венгрии [111]. В США, которые не являются участниками Венской конвенции, закон обязывает водителей держать руки на руле [112], что, например, вынудило компанию Volkswagen продавать в США модель Audi A8 с возможностью беспилотного вождения 3-го уровня без нее [113]. Автомобили с автопилотом Tesla используют специальные сигналы, чтобы вынудить пользователей держать руки на руле во время использования автопилота [112]. В 2017 году в США был одобрен законопроект, разрешающий тестирование 25 тысяч автомобилей-беспилотников, а также ограничивающий возможности властей штатов запрещать такое тестирование [114]. Следует отметить, что возможность водителя взять управление на себя не гарантирует безопасности, так как в экстренной ситуации водитель (не зная контекста) не сможет быстро среагировать. Поэтому основным вариантом развития технологий беспилотного вождения является такой, в котором совсем не подразумевается возможность участия водителя в управлении [115].

В этом случае необходима модификация текущего законодательства. Ответственность за аварию, ущерб и т. д. может ложиться либо на производителя автомобиля, либо на потребителей [116]. В первом случае ответственность автопроизводителей за функционирование технологий автономного вождения можно рассматривать как ответственность за другие технологии превентивной безопасности (ремни, подушки) [117]. Однако отмечается, что это многократно увеличит издержки судебного урегулирования конфликтов, что может негативно сказаться на мотивах автопроизводителей к дальнейшему развитию технологий [116]. Одним из решений может стать расценивание поведения автопилота наравне с поведением водителя (в этом случае судебные издержки относительно невелики), однако ответственность в случае аварии по вине автопилота будет

нести автопроизводитель, что будет стимулировать его к совершенствованию продукции, но не препятствовать ее распространению [110]. Во втором случае при покупке беспилотного автомобиля потребитель будет подписывать соглашение о принятии ответственности за аварии. Однако такой подход также несет риски: во-первых, снижается ответственность производителей за свою продукцию, что может сказаться на ее качестве; во-вторых, обязательство принятия ответственности на себя может негативно сказаться на желании потребителей покупать автомобили с автоматической системой вождения. Решить эту проблему могут помочь страховые компании, перенимающие часть риска (или весь) потребителей на себя. Устанавливая премии в соответствии со своей оценкой безопасности технологии, они потенциально могут положительно влиять на развитие технологий [116].

В Германии разработаны руководящие принципы правил регулирования беспилотных автомобилей [118], в Великобритании законодательство по содействию безопасному использованию беспилотных автомобилей планируется разработать к 2021 году [119], в штате Калифорния со 2 апреля 2018 года разрешены тестирования беспилотных автомобилей без обязательного присутствия водителя на дорогах общего пользования [120], а в декабре 2018 запущен сервис беспилотного такси. Кроме того палата представителей представила законопроект, описывающий основные рамки регулирования беспилотных транспортных средств [121]. Беспилотные автомобили разрешили тестировать на дорогах Пекина [122]. Развитие автономного транспорта заложено в Стратегии развития российского автопрома [123]. С 2019 года по поручению правительства в России начали тестирование технологий и инфраструктуры для движения беспилотных автомобилей [124]. В Москве с 2018 года действует льготный режим для каршеринга: отменен налог на движимое имущество, а также созданы дополнительные парковочные места в центре города. В 2018 году рынок каршеринга в России продемонстрировал впечатляющий рост: среди клиентов

ВТБ его объем вырос в 6 раз [125], в 2019 году только в Москве было совершено 47 млн. поездок [199].

Значительное сопротивление распространению беспилотных автомобилей может встретить со стороны водителей. Потеря рабочих мест ими может вызвать социальную напряженность. В такой ситуации одним из решений государственных властей может стать охранительная политика в области занятости. Например, министр транспорта Индии сделал заявление о противодействии распространению беспилотных автомобилей в коммерческом извозе [126]. Другими противодействующими акторами могут выступить страховые компании, поскольку снижение риска аварий, связанное с автоматизацией вождения, может значительно снизить потребность в автомобильном страховании [127]. По оценкам экспертов вероятность аварии снизится в пять раз, в то время как стоимость ущерба возрастет всего в два раза (в силу возросшей дороговизны оборудования), что может уменьшить объем рынка страховых компаний [116]. Беспилотные автомобили несут определенные риски и для лиц, принимающих решения в области транспортного планирования. Наряду с гипотезой о том, что за счет более высокой эффективности использования пропускной способности дорожной сети эксплуатация беспилотных совместно используемых автомобилей будет способствовать снижению общего трафика, существует и конкурирующая теория.

Существует риск кратного повышения трафика как за счет включения в него тех, кто в принципе не был способен самостоятельно использовать автомобиль (дети, люди преклонного возраста, инвалиды, так и за счет замещения беспилотными совместно используемыми автомобилями общественного транспорта. Отмечается также возможность дальнейшего разрастания городов и совершения тех поездок, от которых в настоящее время выгоднее отказаться [127]. Рассматриваются сценарии, в которых параллельно развиваются два рынка автоматизированного транспорта: рынок

полуавтоматизированных автомобилей для частного потребления и рынок полностью беспилотных автомобилей для сферы общественного транспорта. С точки зрения авторов этой концепции пока беспилотный автомобиль не сможет функционировать в любых условиях и совершать поездки в любые локации, он не найдет потребителей среди домохозяйств, и единственным рынком для него станет сфера совместного использования и такси. Полуавтоматизированные автомобили в свою очередь будут пополнять парк автомобилей в личном пользовании и конкурировать с беспилотным совместно используемым транспортом. В таком сценарии важной выступает городская и государственная политика по стимулированию расширения системы общественного извоза [128]. В противоречие с этим сценарием выступает невозможность водителей оперативно взять управление на себя в случае возникновения критического момента. Было подсчитано, что водителю требуется 17 секунд, чтобы проанализировать ситуацию и принять управление автомобилем, за это время автомобиль может проехать 0,5 км. По этой причине компания Alphabet отказалась от разработки полуавтономных автомобилей в пользу полностью беспилотных [129].

Также стоит отметить, что сдвиг потребительских предпочтений от личного владения к совместному использованию может иметь разные масштабы для разных возрастных групп населения и разных стран. Владение автомобилем культурно укоренено на протяжении многих десятилетий, и отказ от него для людей старшего возраста может потребовать большое количество времени [99]. Согласно исследованию Cargemini в настоящее время 34% людей рассматривают новые сервисы как полноценную альтернативу личному автомобилю, причем до 93% потребителей в развивающихся странах и до 78% в развитых готовы заплатить за автомобиль с автопилотом больше. Также в развивающихся странах выше интерес к

подключенным к сети автомобилям²⁰ (33% используют и 41% хотели бы использовать) [130]. Согласно исследованию BCG 58% населения готовы использовать беспилотный автомобиль (доля выше среди молодежи и в развивающихся странах: в Индии и Китае 85% и 78% соответственно), однако 23% не готовы (доля выше среди людей старшего возраста и в развитых странах: Японии она доходит до 41%) [131]. Несмотря на то, что рынок совместного использования динамично растет и его объемы существенны (около 6 миллионов пользователей в мире используют совместно более 80 тыс. автомобилей [132]), только 37% опрошиваемых утверждают, что будут готовы использовать беспилотное такси совместно с другими людьми (доля также больше в развивающихся странах и среди молодежи) [131]. Согласно исследованию Ipsos 15% людей готовы использовать автомобиль только в режиме автопилота даже при наличии возможности взять управление на себя, однако около 30% не готовы использовать автопилот в принципе [133].

Некоторый задел для эффективного встраивания беспилотных совместно используемых автомобилей в существующие транспортные системы создается и будет создаваться в ближайшие годы (в виде развития рынка совместного использования (каршеринг, ехейлинг, карпулинг), подготовки изменений в ПДД, тестирования сервисов краткосрочной аренды беспилотных автомобилей). В частности ожидается, что в ближайшее время мировой рынок совместного использования будет расти с темпами более 30% (причем в РФ рост может быть еще более сильным ввиду того, что соответствующие сервисы относительно новое явление в нашей стране), и к 2024 году число пользователей услуг краткосрочной аренды в мире достигнет 30 млн. человек [43]. Несмотря на наличие оптимистичных ожиданий относительно начала полноценного внедрения беспилотных совместно используемых автомобилей [59], большинство экспертов сходятся во мнении,

²⁰ То есть автомобиль, передающий и принимающий информацию от инфраструктуры и других автомобилей с помощью интернета

что оно наступит не ранее 2025 года [134 - 136]. Кроме того, до этого времени эффект замещения от совместного использования в оптимистичных сценариях оценивается как незначительный: в частности эксперты BCG подсчитали, что в 2021 году около 1% (792 тыс. штук) всех автомобилей не будет куплено из-за совместного использования, причем в АТР этот показатель составит 1,2%, в Европе 1,3%, а в США 0,3% [132].

На темпы выхода на рынок беспилотных автомобилей (в виде продаж индивидуальным потребителям или специализированным компаниям; либо же во владении автопроизводителя) будет влиять в первую очередь спрос, который будет определяться как уровнем доверия потребителей новой технологии, так и ее экономическими показателями. Исследователи Колумбийского университета подсчитали, что, например, подобная замена нынешнего таксопарка беспилотным позволит снизить стоимость одной мили в пути с \$1,75 до \$0,5, а ожидание прибытия такси до 36 секунд [137], что должно положительно отразиться на спросе населения: согласно опросам уменьшение стоимости поездки на 75% увеличивает круг потенциальных клиентов более, чем в 4 раза [130]. Консалтинговая компания IHS Markit прогнозирует, что к 2025 году продажи беспилотных автомобилей в мире достигнут 230 тыс. штук, а к 2035 году 11,8 млн. шт. (из них 4,8 млн. шт. – автомобили-беспилотники 5-го уровня), причем после 2050 года все используемые автомобили будут иметь системы автоматического вождения [138]. Специалисты консалтинговой компании McKinsey&Company обозначают довольно широкий коридор возможных уровней распространения беспилотных автомобилей (от 10% до 30% к 2040 году) [139]. На темпы распространения совместно используемых автомобилей не малое воздействие может оказать содействие и прочие меры городских властей. В частности, согласно опросу BCG 60% политиков, занимающихся управлением городов, ожидают, что запрет на владение автомобилем начнет распространяться в городах с 2025 года, еще 24% считают, что по крайней мере с 2030 года [131].

Власти Ченду и Гамбурга проводят перепланировку города так, чтобы использование автомобиля стало бесполезным [140]. Власти Хельсинки планируют к 2025 году организовать сеть общественного транспорта и каршеринга так, чтобы у пассажиров не осталось никаких стимулов владеть личным автомобилем [141]. Аналогичную цель поставили власти Сингапура [131].

В разных странах\регионах уровень проникновения совместного использования может быть предопределен разными факторами. Эксперты BCG полагают, что в Европе важную роль сыграют городские и муниципальные власти, а также изменение предпочтений относительно способов передвижения молодежи по сравнению со старшими поколениями. В США препятствовать совместному использованию могут большие расстояния, обширные пригороды. С другой стороны, крупные американские города могут быть прекрасной площадкой для масштабного совместного использования. Похожая ситуация в Китае: из-за разного рода ограничений и тяжелого трафика в крупных городах молодые люди отказываются от владения автомобилем, в то время как в средних городах автомобиль остается статусным товаром. В Японии свою роль играет демографическая структура: большое количество людей преклонного возраста не готово отказываться от собственного автомобиля [132]. Как отмечается, существенным фактором для темпов роста рынка новых транспортных услуг выступает уровень урбанизации, особенно численность населения крупных городов. Так в России согласно опросам в среднем только 13% автовладельцев рассматривают каршеринг и карпулинг в качестве альтернативы личному автомобилю, однако среди москвичей каршеринг выступает основной альтернативой [142]. Москва вероятно станет основным центром распространения новых транспортных технологий: уже в 2018 году парк каршеринга в городе стал крупнейшим в Европе (10 – 15 тыс. автомобилей) [143], в 2019 году было совершено 47 млн. поездок с использованием новых сервисов [199].

3.1.2. Автомобили с электродвигателями: текущее состояние и перспектива.

Электромобили не являются новым феноменом: они появились раньше автомобилей с ДВС и имели шансы для массового распространения, однако в силу разных обстоятельств оно не случилось. Однако начало 21 века характеризуется ренессансом альтернативных видов энергоносителей: в качестве альтернативы традиционным нефтепродуктам выступают биодизель²¹, спирт (из соломы или сахарного тростника), биотопливо из органических отходов, природный газ [144]. Главной же альтернативой выступают электромобили (BEV²²), электромобили с увеличенным запасом хода (REEV²³), подключаемые гибриды (PHEV²⁴), гибриды²⁵ и автомобили на топливных элементах (FCEV²⁶).

Следует отметить, что в отличие от беспилотных автомобилей, которые предлагают принципиально новый уровень комфорта эксплуатации (а потому имеют потенциал к взрывному распространению), современные электромобили существенного дополнительного удобства (кроме отсутствия шума) не предполагают, более того, им свойственны некоторые негативные особенности (сравнительно низкий запас хода, более протяженная по времени зарядка, значительный вес, высокая цена). Поэтому их массовое распространение в настоящее время в большей степени предопределено двумя факторами: ответственным поведением населения и активным государственным стимулированием. Оба связаны с экологическими

²¹ Смесь нефти с низким содержанием серы и рапсового масла

²² Battery-Electric Vehicle – электромобиль на аккумуляторе, заряжающемся от сети

²³ Range-Extended Electric Vehicle – электромобиль с двигателем ДВС, который используется для подзарядки аккумулятора в случае истощения запаса энергии

²⁴ Plug-in Hybrid Electric Vehicle - автомобиль, электричество в котором вырабатывается непосредственно из топлива, в качестве которого выступает бензин, предусмотрена возможность запаса энергии и подключаться к сети

²⁵ Автомобиль, в котором предусмотрена возможность запаса энергии, образующуюся во время торможения или избыточной работы двигателя

²⁶ Fuel Cell Electric Vehicle - электромобиль, электричество в котором вырабатывается непосредственно из топлива, в качестве которого выступают водород и кислород.

преимуществами электромобилей (пониженным количеством выбросов CO₂ на всем жизненном цикле, его отсутствием в период эксплуатации и повышенной энергоэффективностью [145]). По мере увеличения масштабов производства и совершенствования технологии можно ожидать снижение цен на аккумуляторы (самая дорогая часть электромобиля) [146], и соответствующего увеличения спроса за счёт ценовой конкуренции с автомобилями на ДВС.

Таким образом, определяющими факторами при формировании гипотез электрификации (повышения доли электромобилей в продажах) являются:

- 1) Снижение стоимости аккумуляторов;
- 2) Принятые и планируемые к принятию нормативно-правовые акты, регулирующие меры по стимулированию роста продаж электромобилей и дестимулированию продаж и эксплуатации автомобилей с ДВС;
- 3) Возможности и планы автопроизводителей по электрификации своей продукции;
- 4) Готовность потребителей к переходу на электромобили.

Технический прогресс в аккумулировании энергии может сыграть решающую роль, так как напрямую влияет как на стоимость электромобилей, так и на удобство их использования (пробег автомобиля, морозоустойчивость). К настоящему времени цены на аккумуляторы снизились вдвое с 2014 года, к 2021 году они могут потерять в цене еще 30% [147], что связано в первую очередь с ростом мощностей по их производству по всему миру. Эксперты прогнозируют, что уже к 2024 году стоимость покупки электромобилей и автомобилей с ДВС сравняется за счет удешевления батарей [148], а стоимость владения электрокаром в настоящее время оценивается ниже, чем автомобилем с ДВС [149]. Расчеты стоимости одного км пути, проведенные Ю. Синяком, показывают, что электромобили могут быть эффективнее как автомобилей с ДВС, так и автомобилей с

топливной ячейкой на водороде после 2025 года [146]. В настоящий момент существуют разработки новых технологий, позволяющих существенно увеличить плотность запаса энергии в аккумуляторе: отрицательные электроды из литиевого сплава способны увеличить ее втрое [150], микроскопическая батарея-нанопор способна заряжаться за 12 минут и использоваться более тысячи раз (ее коммерческое применение способнократно уменьшить размер и вес аккумуляторов) [151].

К государственным мерам стимулирования распространения электромобилей относятся субсидии на их покупку, предоставляемые напрямую или в виде налоговой льготы: в Китае до \$14700 [152], в США до \$7500 [153], в большинстве стран Европы и Японии помимо субсидий практикуется освобождение от налогов на потребление топлива и транспортного налога [154], в Индии предоставляется субсидия на покупку электромобилей, произведенных внутри страны [155]. Согласно опросам 55% покупок электромобилей в США совершаются при финансовой поддержке властей [156]. Применяются также разнообразные административные меры: в Пекине таксомоторные компании обязаны пополнять парк только за счет электромобилей [157], в некоторых странах (Норвегия) и многих крупных городах планируется полный запрет на продажу и эксплуатацию автомобилей с ДВС к 2025 году [158]. Между 2025 – 2040 планируют отказ от ДВС правительства Великобритании, Франции, Италии, Нидерландов, Китая. Индийское правительство сформулировало цель перехода на электромобили к 2030 году. Правительство Японии призвало к отказу от ископаемого топлива, сейчас выстраивается инфраструктура водородных заправок [159].

Необходимой является сеть зарядной инфраструктуры, которая в настоящее время активно расширяется. На данный момент сеть зарядных станций в крупных экономиках мира является густой и постоянно растет: в 2015 году в Японии число зарядных станций превысило число АЗС [160], а общее их число достигло 40 тыс. штук [161]; в настоящее время в Европе

действует более 150 тыс. станций [162]; в США уже сейчас действует более 50 тысяч зарядных станций [163], в Китае более 300 тыс. станций [164]. Электромобиль может выступать не только средством передвижения, но и средством аккумуляции энергии, вписываясь в концепцию самообеспечения энергией (технологий умного дома с солнечными панелями). Потребляя электроэнергию ночью (по более низким тарифам), электромобиль может отдавать ее днем (по более высоким тарифам), что позволяет выравнивать энергопотребление и получать доход [165]. Поэтому распространение электромобилей может стимулироваться косвенно через субсидии на приобретение новых энерготехнологий для дома и обеспечение возможностей для возврата энергии в сеть.

В России электрификация легковых автомобилей ожидается сдержанной. Этому способствует сразу множество факторов, которые предопределены отсутствием заинтересованности властей, бизнеса и населения. Это выражается как в слабо развитой зарядной инфраструктуре, отсутствии мер поддержки (единственной такой мерой была нулевая таможенная пошлина на ввоз электромобилей, действовавшая с июля 2016 по сентябрь 2017), так и в крайне низких продажах (353 автомобиля в 2019 году) и в негативном имидже электромобилей, наблюдаемом в информационном поле. Однако есть ряд заявлений представителей правительства о разработке программы поддержки производства (льготные кредиты, субсидии, квоты по госзакупкам) и покупок электромобилей (освобождение от НДС, освобождение от транспортного налога) [166 - 168]. Также рассматриваются проекты по развитию зарядной инфраструктуры [166]. В частности, планируется обеспечить 110 зарядных станций (из них 10 – быстрой зарядки), а также 200 «умных» опор освещения с зарядками в Московской области [169]. Несмотря на скромные объемы текущих продаж электромобилей, в правительстве ожидают их повышения до 4 – 5% к 2025 году [124]. Также разрабатываются проекты электрификации каршеринга: планируется

создание каршеринга электромобилей в Москве и соответствующей зарядной инфраструктуры [171].

На потенциальные уровни и темпы электрификации влияют возможности и готовность автопроизводителей по перестройке своего производства. Лидерами по выпуску электромобилей являются китайские производители (1,2 млн. штук в 2018)[172], Chongqing Changan откажется от производства автомобилей с ДВС с 2025 года [173]. Кроме того, китайские компании скупают активы по всей цепочке производства аккумуляторов [174]. В Европе также наращивают мощности по производству аккумуляторов, которые должны обеспечить спрос со стороны крупнейших производителей Daimler, BMW, Volkswagen и Renault, которые в ближайшее время будут сосредоточены на выпуске электромобилей. Крупнейшие производители Европы, США и Японии инвестируют в производство электромобилей, рассматривают планы по электрификации ряда своих моделей, и даже планируют отказ от производства автомобилей с ДВС в перспективе: в планах компании Volkswagen потратить 40 млрд. долларов к 2030 году для создания электрифицированных версий своих 300 моделей; представители Daimler заявили, что расходы на внедрение 10 новых моделей BEV и 40 PHEV составят не менее 11,7 млрд. долл., они также намерены электрифицировать весь спектр существующих транспортных средств; в компании GM планируют внедрить 20 новых электромобилей к 2023 году [175]; в компании BMW к 2025 году планируют повысить долю электромобилей в выпуске до 25%; Ford продублирует электроверсиями 40% своих моделей к 2021 году; в компании Toyota планируют отказаться от выпуска автомобилей с ДВС к 2040 году и к 2030 выпускать 5,5 млн. шт. гибридов и чистых электромобилей; полный отказ от выпуска автомобилей с ДВС планируют в компаниях Mazda (2030), Opel (2024), Renault-Nissan (2040), Peugeot-Citroen (2025); в компании Volvo намерены добиться лидирующих позиций по темпам электрификации и отказались от инвестиций в разработку ДВС с 2019 года [159, 176].

Существуют компании, которые специализируются на выпуске электромобилей, например Tesla, которая с 2017 года начала выпуск массового электромобиля Tesla Model 3.

Активная государственная политика, возможности производителей, технический прогресс – основные факторы, которые способны стимулировать спрос потребителей. Однако свою роль может сыграть расположенность потребителей (их склонность к длительным инвестициям, экологическая озабоченность). В высокодоходных и стабильных странах население обладает относительно длинным горизонтом планирования, они рассматривают электромобиль как долгосрочную окупаемую инвестицию: цена покупки электромобилей выше, однако стоимость эксплуатации ниже. Населению низкодоходных стран свойственны более короткие горизонты планирования. Согласно опросам в 29% случаев причиной покупки электромобиля выступает возможность экономии на топливе и эксплуатации. Основной же причиной выступает экологическая сознательность (38% случаев) [156].

На электрификацию автомобилей может влиять динамика цен на нефть. В ретроспективе наблюдалась следующая зависимость: вместе с ценой на нефть падали и инвестиции в возобновляемые источники энергии и наоборот. Так как в среднесрочной перспективе цены на нефть ожидаются низкими, то это может служить сигналом к более сдержанным оценкам скорости НТП в области аккумулирования энергии. Цены на нефть могут быть эндогенным фактором: промышленные аккумуляторы, обеспечивающие стабильность потребления электроэнергии, значительно снижают спрос на газ; осознание нефтяными компаниями рисков пика потребления нефти и нефтепродуктов также негативно влияет на динамику цены нефти.

Несмотря на то, что технологии автономного вождения и электрификация два разных процесса, которые могут протекать независимо, эксперты и потребители рассматривают их связанно: 66% потребителей

ожидают, что беспилотные автомобили будут электрическими или гибридами (еще 9% полагают, что они будут работать от топливной ячейки) [131].

В 2019 году продажи электромобилей (PHEV²⁷ и BEV²⁸) в мире превысили 2,2 млн. единиц (из них 1,5 чистые электромобили (BEV)): около 1,2 млн. электромобилей было продано в Китае, 490 тыс. в Европе, 318 тыс. в США и 44 тыс. в Японии [177]. Лидером по относительным продажам является Норвегия, где 56% всех продаж приходится на электромобили. Темп прироста продаж электромобилей в мире существенен: 2016 году он составил 47%, в 2017 - 58%, в 2018 - 64%, в 2019 – 9%. Особая ситуация в Индии, где преимущественную долю в продажах транспортных средств занимают электроскутеры – 54800 штук было продано в 2018 году, продажи электромобилей при этом составили 7200 штук. Оценки уровня и темпов продаж в среднесрочной перспективе могут быть сделаны с ориентацией на целевые установки государственных властей. В Китае к 2025 году доля электромобилей в продажах планируется на уровне 20% [178]. В ЕС к 2025 году долю электромобилей в продажах планируется повысить до 15%, к 2030 году до 30% [158]. Ожидается, что к 2030 году электромобили будут составлять 15 – 20% в продажах в США [179]. В Индии, где основным транспортом являются скутеры и мотороллеры, к 2025 году правительство собирается запретить распространение их неэлектрифицированных версий [180].

В докладе Morgan Stanley в базовом сценарии прогнозируется, что продажи электромобилей в мире достигнут 10% к 2025 году, 16% к 2030 году, 51% к 2040 году, 69% к 2050 году. Также аналитики рассматривают позитивный сценарий, в котором правительства вводят жесткие ограничения на выбросы углекислого газа. В нем доля электромобилей в продажах

²⁷ Подключаемые гибриды

²⁸ Battery electric vehicles

достигает 60% в 2040 и 90% в 2045 году [181]. По мнению аналитиков компании UBS уже в 2025 году доля электромобилей в мировых продажах составит 14% [182]. Эксперты Energy Innovation прогнозируют, что распространение электромобилей в большой степени зависит от цен на моторное топливо и аккумуляторы. Если они будут изменяться в пользу электромобилей, то к 2050 году доля электромобилей на мировом рынке достигнет 65 – 75% [183].

В этом исследовании принимаются гипотезы электрификации, представленные в таблице 3.1, которые согласуются с прогнозом ОПЕК [193].

Таблица 3.1 – Параметры распространения электромобилей в рамках расчетов данной работы.

<i>Год</i>	Доля электромобилей в совокупных продажах легковых автомобилей					
	Китай	ЕС	США	Индия	Япония	Россия
2015 ²⁹	1%	1%	1%	0%	1%	0%
2025	10%	5%	5%	4%	5%	2%
2030	15%	15%	13%	8%	15%	4%
2035	25%	25%	23%	15%	25%	6%
2040	35%	43%	40%	20%	43%	10%
2045	45%	60%	55%	30%	60%	15%

3.1.3. Степень замещения, уровень насыщения, доля выбытий.

Помимо параметров распространения новых технологий и электрификации автомобилей значимыми параметрами является степень замещения (число традиционных автомобилей, замещаемых одним беспилотным совместно используемым автомобилем) и доля выбытий (в процентах от парка).

Степень замещения в первую очередь зависит от готовности потребителей отказываться от традиционных автомобилей в пользу совместно

²⁹ Справочно

используемых и от режимов ежедневной мобильности пользователей. Рассмотрим несколько примеров. Для простоты речь в них будет идти только о коммерческом совместном использовании беспилотных автомобилей.

1. Несмотря на то, что беспилотный каршеринг становится важной частью транспортной системы (особенно городов), большая часть домохозяйств сохраняет традиционные автомобили для специализированных поездок. Это обстоятельство негативно влияет на степень замещения, сохраняя ее близкой к единице (другими словами, значимого замещения не происходит, парк воспроизводится в традиционной логике). Этот сценарий не рассматривается нами как вероятный. Несмотря на то, что на первых порах, по мере адаптации к новым транспортным условиям такое развитие событий возможно, в долгосрочной перспективе возникают мотивы отказываться от владения автомобилями. Во-первых, приобретение и владение автомобилем относительно дорогостоящие процессы, одновременно сопряженные со стрессом (постановка на учет, страхование, прохождение ТО, организация парковки).

2. Беспилотный каршеринг становится важной частью городских транспортных систем, при этом значимая часть домохозяйств отказывается от личного автотранспорта в пользу совместного использования. В этом случае степень замещения будет больше одного. Вторым условием варианта 2 является сохранение традиционного режима мобильности, подразумевающий два пика транспортных потоков (утренний и вечерний). Это означает, во время пиков (во время поездок на работу и с нее) совместно используемые автомобили будут эксплуатироваться одновременно друг с другом, а потому их потребуется большое количество. Это негативно влияет на величину степени замещения (она будет относительно низкой).

3. Беспилотный каршеринг становится важной частью транспортных систем городов; значительная часть домохозяйств отказывается от личного автотранспорта в пользу совместного использования; изменяется режим

ежедневной мобильности (пики транспортных потоков распределяются в течение дня). В этом случае транспортная работа, совершаемая одним совместно используемым автомобилем, может быть существенно большей, чем в варианте 2, а количество автомобилей меньше. Это проявляется в относительно высокой степени замещения.

Вероятность реализации вариантов 2 или 3 зависит от развития цифровых технологий и скорости адаптации к ним (в частности, от автоматизации производств; технологий, позволяющих удаленную работу/учебу и т. д.), а также от изменения отношения людей к труду и работе по графику.

Стоит отметить, что смена режима мобильности – это именно распределение пиковой нагрузки в течение дня, а не снижение мобильности. В настоящее время те, кто участвует в маятниковой миграции, большую часть дня (во время нахождения на работе) имеют низкую мобильность. Если же их занятость станет более гибкой, то может возрасти и их мобильность в течение дня. Это обстоятельство может быть учтено не только при формулировании гипотезы относительно степени замещения, но и гипотезы относительно влияния цифровизации на общую потребность в передвижении.

Другим процессом, снижающим степень замещения традиционных автомобилей совместно используемыми, является возможное замещение беспилотным каршерингом не только личных автомобилей, но и общественного транспорта. Согласно некоторым исследованиям сейчас сервисы е-хейлинга частично конкурируют с общественным транспортом и другими видами передвижения (велосипед, ходьба), кроме того, пользователи предпочитают поездки «от двери до двери», то есть без использования других видов транспорта [184]. Есть также мнение, что сервисы карпулинга конкурируют с междугородним автобусным сообщением [185]. В дальнейшем при снижении удельной стоимости поездки с использованием сервисов

беспилотного такси конкуренция может ужесточаться не в пользу традиционного общественного транспорта.

Доля выбытия является важным параметром расчетов. По сути именно на уровне выбытий происходит реальное замещение: люди отказываются от автомобиля (продают на вторичный рынок других стран или утилизируют), но при этом не покупают новый; в то же время чтобы компенсировать транспортную работу нескольких выбывших из употребления автомобилей в эксплуатацию входит дополнительный совместно используемый автомобиль. Таким образом, параметры выбытия косвенно влияют на скорость распространения новых технологий, на степень обновления парка новыми автомобилями, на скорость электрификации. Доля выбытия связана со средним сроком службы, а он в свою очередь связан с интенсивностью использования. Те автомобили, которые в наших сценарных построениях используются более интенсивно (в частности, беспилотные автомобили в совместном пользовании), выбывают из парка быстрее. Например, если принять гипотезу, что в перспективе автомобили-беспилотники будут использоваться с той же интенсивностью, что и современные такси (среднесуточный пробег около 300 км), то срок службы их будет составлять около 3-х лет (а доля выбытия приблизительно на уровне 33%). Отказ же от традиционных автомобилей в пользу совместного использования, по сути, означает снижение среднего срока службы традиционных автомобилей и постепенного повышения доли выбытия среди них.

3.1.4. Удельный расход топлива.

Несмотря на то, что КПД двигателей внутреннего сгорания невелик (от 20% до 40%), в ретроспективе эффективность использования топлив ДВС постоянно росла: средний удельный расход топлива новых автомобилей снизился с 18 литров на 100 км (1975 г.) до 7,6 литров на 100 км (2015 г.) за счет усовершенствования двигателя, снижения веса автомобиля, снижения

времени его разгона. Также большинство прогнозов сходятся в том, что этот тренд продолжится и в перспективе, что в большой степени может быть следствием мер государственного стимулирования. По оценкам Международного энергетического агентства средний удельный расход нефтепродуктов новыми моделями к 2025 году может снизиться до 4,7 литров на 100 км, к 2030 году - до 4,4 литров по сравнению с текущими 7,2 литрами [186]. Несмотря на то, что потребление в среднем по парку может быть существенно выше, чем новыми моделями, повышение энергоэффективности новых моделей будет снижать средний по парку удельный расход топлива. EIA прогнозирует [187] значительное снижение среднего удельного расхода топлива по парку: например для США, с 10,5 литров на 100 км в 2016 году до 7,4 литров на 100 км к 2030 году и до 6,2 литров к 2050 году (Рисунок 3.1).

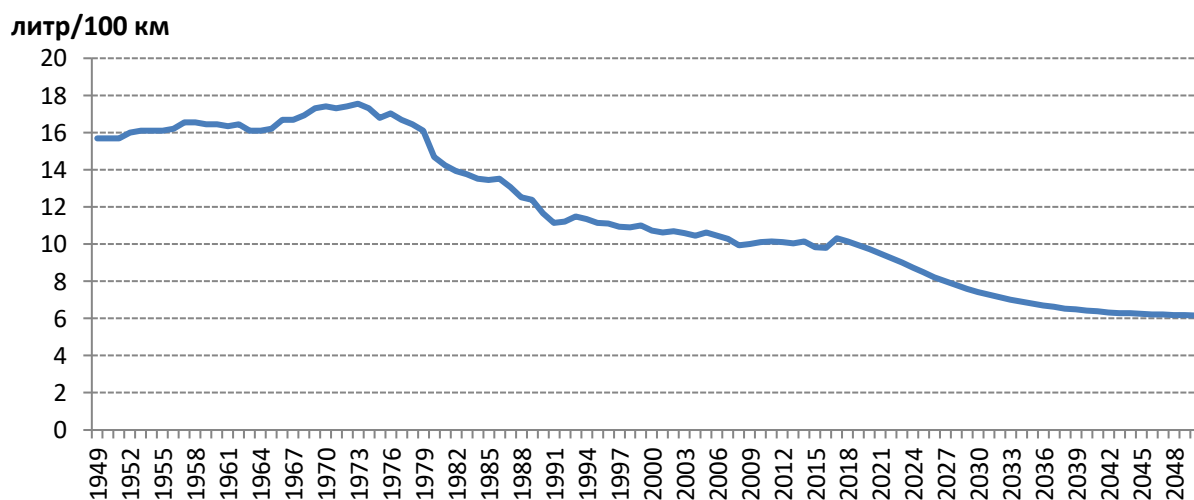


Рисунок 3.1 – Среднее удельное потребление моторного топлива легковыми автомобилями в США (ретроспектива и прогноз). Источник: EIA.

3.1.5. Относительная энергоэффективность беспилотных совместно используемых автомобилей

Ряд экспертов полагает, что беспилотные совместно используемые автомобили могут обладать набором свойств, предопределяющих их большую

энергоэффективность по сравнению с традиционными автомобилями. Это может быть связано с несколькими обстоятельствами. Во-первых, за счет коммуникации и улучшенной навигации беспилотных автомобилей ожидается меньший простой в пробках. Эксперты оценивают возможный благоприятный эффект этого фактора на уровне 3 - 4% [200, 201]. Во-вторых, автоматическое вождение позволяет заранее подстраиваться под изменения в ландшафте и дорожной ситуации, снизить число притормаживаний и разгонов [202]. Эксперты оценивают возможный благоприятный эффект этого фактора на уровне 5 - 20% [200, 201]. В-третьих, в условиях одинаковой полезной транспортной работы у совместно используемого автомобиля будет меньше суммарный пробег по сравнению с традиционным автомобилем за счет того, что такому автомобилю реже требуется парковка между поездками. На сегодняшний день на поиск парковочного места приходится заметная доля времени поездки и как следствие расхода топлива [94]. В-четвертых, беспилотное управление допускает цепные поездки (колоннами). В таком режиме автомобиль, едущий пятым в колонне, тратит до 30% меньше топлива, чем первый [95]. В-пятых, на энергоэффективности может сказываться потенциальное уменьшение массы беспилотных автомобилей, связанное со значительным снижением вероятности столкновения. Эксперты оценивают, что благодаря этому рост энергоэффективности может достигать 20% по сравнению с традиционными автомобилями [203]. В-шестых, беспилотное управление позволяет более плавное и быстрое ускорение, которое также приводит к экономии топлива. В-седьмых, массовое распространение совместного использования может привести к большей адаптации вида и размера автомобилей под конкретную поездку. В частности, для одиночных поездок не нужно использовать четырехместный автомобиль. Это может существенно снизить средний вес автомобилей в парке и, как следствие, средний удельный расход топлива. Эксперты оценивают, что благодаря этому рост энергоэффективности может достигать 20 – 45% [200, 201].

С другой стороны, есть ряд обстоятельств, которые могут напротив повысить расход топлива беспилотными автомобилями. Во-первых, часть поездок может совершаться в холостую (то есть совсем без пассажиров). Во-вторых, беспилотное управление в условиях хорошо развитой навигации и коммуникации автомобиль-автомобиль, автомобиль-инфраструктура может увеличить скорость передвижения, что, по мнению экспертов, приводит к большему расходу топлива (до 20 – 40%) [200, 201]. В-третьих, отмечается возможность возрастания спроса на поездки со стороны новых групп населения, которые раньше не использовали легковой автомобиль.

Таким образом, есть факторы, обладающие потенциалом повысить относительную энергоэффективность беспилотных совместно используемых автомобилей, есть напротив те, которые могут ее понизить. В этом исследовании принимается гипотеза о том, что часть положительного влияния факторов, направленных на повышение энергоэффективности, будет компенсирована влиянием негативных факторов. Однако вслед за другими экспертами мы ожидаем, что в результате воздействия разнонаправленных факторов, беспилотные совместно используемые автомобили в итоге будут более энергоэффективными, чем традиционные. Оценки экспертов об уровне относительной энергоэффективности находятся в интервале от 3 до 40% [200, 201]. В наших расчетах принимается гипотеза, что прирост энергоэффективности беспилотных совместно используемых автомобилей по сравнению с традиционными к 2035 году составит 5%, к 2045 году 10%.

3.2. Сценарии развития автомобилизации с учетом распространения беспилотных совместно используемых автомобилей в долгосрочной перспективе

В этом разделе представлены сценарии автомобилизации, в которых основным влияющим фактором выступает распространение совместного использования беспилотных автомобилей. Сценарии сопровождаются

результатами расчетов: на базе разработанного инструментария (см. разделы 2.1, 2.2) были построены прогнозы динамики и структуры парков легковых автомобилей в России и в крупнейших экономиках мира (ЕС, США, Китай, Индия, Япония). Основные различия между сценариями в исходных гипотезах, представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Основные сценарные гипотезы рассматриваемых сценариев.

	Сценарий 1.1	Сценарий 1.2	Сценари й 2	Сценари й 3	Сценари й 4.1	Сценарий 4.2
Снижается ли потребность в передвижении из-за цифровизации	Нет	Да				
Внедряются ли беспилотные автомобили	Нет		Да			
Начало внедрения полностью беспилотных совместно используемых автомобилей	-		2025			
Рынок коммерческого извоза	Остается нишевым		Развивается на базе беспилотных автомобилей			
Потребители полностью беспилотных совместно используемых автомобилей	-		Только специализированные компании	И компании, и домохозяйства	Преимущественно компании и/или муниципалитеты	
Режим использования беспилотных автомобилей	-		Преимущественно совместно в рамках специализированных сервисов	Преимущественно совместно в рамках сервисов и домохозяйств	Преимущественно совместно в рамках сервисов	
Удельная стоимость поездки с использованием беспилотного автомобиля	-		Существенно выше стоимости поездки с использованием традиционного общественного транспорта			
Проводится ли интермодальная транспортная политика	Проводится				Оказывает определяющее влияние	
Спрос на совместно используемые автомобили формируется	-		Со стороны автомобилистов			
Ежедневная мобильность	Имеет два пика					Распределена в

		течение дня
Повышается ли относительная энергоэффективность беспилотных совместно используемых автомобилей	Нет	Да

Качественное описание сценариев 1 – 4.2., представленное в таблице 3.2, выражается в количественных параметрах, представленных в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Численное значение параметров в сценариях 1.1 – 4.2.

	Сценарий 1.1	Сценарий 1.2	Сценарий 2	Сценарий 3	Сценарий 4.1	Сценарий 4.2
Изменение продаж автомобилей по отношению к базовому сценарию в связи с цифровизацией, %						
	-	-5%	-5%	-5%	-5%	-5%
Доля беспилотных совместно используемых автомобилей в продажах в 2025 г. ³⁰ , %						
2025	0	0	0,3%	0,6%	0,6%	0,6%
Темпы прироста продаж беспилотных совместно используемых автомобилей, %						
2025	-	-	50%	60%	60%	60%
2035	-	-	10%	15%	15%	15%
2045	-	-	1%	2%	2%	2%
Степень замещения в парке						
2045	-	-	4	2	4	8
Выбытие традиционных автомобилей, %						
2025	7%	7%	7%	7%	7%	7%
2045	7%	7%	7%	10%	10%	13%

В отношении разных стран были приняты различные гипотезы распространения совместно используемых беспилотных автомобилей и электрификации автопарка (Таблица 3.4).

Таблица 3.4 – Гипотезы относительно распространения совместного использования (на примере сценария 4.2) и электромобилей (одинаковы во всех сценариях).

	Год	Россия	Китай	Индия	ЕС	США	Япония
Доля совместно используемых автомобилей в продажах	2025	0,6%	0,8%	2,0%	1,0%	0,8%	1,2%
	2035	20%	21%	26%	31%	22%	44%
	2045	50%	50%	50%	70%	50%	80%
Доля электромобилей в продажах	2025	2%	10%	4%	5%	5%	5%
	2035	6%	25%	15%	25%	23%	25%

³⁰ Значения в разных странах различаются (см. Таблицу 3.4), здесь приведены значения для России

	2045	15%	45%	30%	60%	55%	60%
--	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Распространение совместного использования в *России* может быть ограничено только крупными городами: жители малых и средних городов могут быть в меньшей степени заинтересованы в совместном использовании, чем жители крупных городов; в силу особенностей распределения ресурсов между муниципалитетами и федеральным центром инфраструктура мелких городов существенно отстает по качеству от инфраструктуры крупнейших городов. В силу неразвитости центров культуры и досуга в малых городах автомобиль может выступать не только средством передвижения на местном уровне, но и важным средством коммуникации с более крупными городами, необходимой в данном случае. С этой точки зрения важная роль принадлежит карпулингу, который, однако, конкурирует не только с личным автотранспортом, но и с междугородним общественным. Также можно ожидать меньших темпов распространения беспилотного автотранспорта. Отечественные разработки беспилотных автомобилей существенно отстают. Российская компания Cognitive Technologies, которая позиционирует себя в качестве лидера в области разработки систем автопилотирования, нацелена на работу с западными компаниями. Изменения в государственном регулировании также отстают: тестирование на дорогах общего пользования было разрешено только в 2019 году, в то время как в США оно проводится с 2012 года. Отставание разработок и в регулировании может привести к более сдержанному развитию рынка совместного использования. Приведенные выше соображения дают основания для использования в прогнозных расчетах более низких по сравнению с развитыми странами темпов роста продаж новых автомобилей (Таблица 3.4).

В *Китае* тестирование беспилотных автомобилей началось в 2018 году. Однако с учетом способности Китая к опережающей модернизации и заимствованию технологий, можно предположить, что отставание от развитых стран в распространении беспилотного транспорта не будет значительным.

Кроме того, можно полагать, что китайские власти обладают высокими возможностями авторитарно влиять на организацию различных сторон жизни общества, в том числе определять образ транспортных систем с помощью различных экономических и административных рычагов, что они уже делают в крупнейших городах. С этой точки зрения организация транспорта по типу «мобильность как услуга», являющаяся передовой мировой практикой и значительно улучшающая жизнь в городе, может быть внедрена в крупнейших китайских городах довольно быстро. Возможности массового распространения совместного использования в средних и малых городах Китая также как в России предполагаются ограниченными в силу их относительной бедности и неразвитости. Приведенные выше соображения дают основания для использования в прогнозных расчетах более высоких, чем в России темпах внедрения совместно используемых автомобилей (Таблица 3.4).

Индия является особенной страной с точки зрения потребительского поведения, что возможно связано со спецификой индийских религий и культуры. Экономика совместного пользования здесь довольно сильно распространена. В то же время автомобилизация находится на начальном этапе, а потому стереотипы демонстративного потребления в отношении автомобилей еще не закрепились, а потому альтернативные практики организации движения могут прижиться быстрее. Несмотря на то, что власти Индии опасаются нестабильности на рынке труда, связанной с замещением водителей автопилотом, совместное использование может вполне успешно развиваться на базе автомобилей с водителем, хотя потенциал эффективности их использования ограничен по сравнению с беспилотными автомобилями (Таблица 3.4).

Несмотря на межстановые различия внутри *Европейского союза* допустимо рассматривать его как единый регион подобно тому, как в данном исследовании рассматриваются штаты Америки, регионы России, провинции

Китая. Европа является лидером по экономике совместного пользования, готовится к выпуску беспилотных автомобилей на дороги общего пользования (тестирование проводится уже несколько лет). Малые и средние города являются относительно развитыми, передовые практики регулирования автомобилизации внедряются и в них. С этой точки зрения, в этом исследовании по ЕС будут задаваться относительно высокие темпы внедрения совместного использования (Таблица 3.4).

Отличия *США* от Европы выражается в трех связанных важных аспектах: в США наличествует культ автомобиля, плохо развита система общественного транспорта и распространено некомпактное расселение. Оба эти фактора негативно влияют как на темпы, так и на масштабы распространения практик совместного использования, что было учтено в прогнозных расчетах (Таблица 3.4).

В высокоурбанизированной и плотнозаселенной *Японии* напротив все факторы способствуют более высоким темпам распространения новых практик (Таблица 3.4).

Источником ретроспективных данных по парку и продажам легковых автомобилей послужили статистические агентства рассматриваемых стран, ретроспективных и перспективных данных по численности населения послужили статистика и срединный демографический прогноз ООН [188]. В качестве фактора, определяющего динамику потребности в автомобильном транспорте, на первом этапе расчета использовался показатель среднедушевого ВВП по ППС в ценах 2005 года, перспективная динамика которого предоставляется OECD [189]. Данные о продажах и парке электромобилей в ретроспективе предоставляются аналитической группой EV-Volumes [190].

Сценарий 1.1. Базовый сценарий.

Сценарий 1.1 является сценарием, основанным на продолжении сложившихся в ретроспективе трендов в рамках традиционной логики. В этом сценарии общая потребность людей в передвижении не возрастает и не уменьшается радикальным образом; передвижение с использованием легкового автотранспорта в развивающихся странах растет, сопровождаясь накоплением парка, при этом средние пробеги значительно не возрастают; в развитых странах передвижение с использованием легкового автотранспорта как и совокупный парк сталкивается с насыщением. Принимается гипотеза, что технологические и социальные изменения не вызывают сильного преобразования городов: сложившиеся тренды цифровизации; замены физического присутствия виртуальным; перемещение товаров и услуг вместо перемещения людей; стимулирование использования общественного транспорта; снижение важности владения товарами (в том числе автомобилями) и другие тренды, способные сокращать как использование, так и общий парк легковых автомобилей, не становятся доминирующими и/или компенсируются возрастанием потребности в мобильности, стремлением к «жизни в движении»³¹.

Также принимается гипотеза возникновения непреодолимых препятствий на пути внедрения беспилотных автомобилей. На данный момент системы, позволяющие водителю не принимать участие в вождении и контроле, разработаны и проходят стадию тестирования, однако на пути их массового внедрения могут возникнуть существенные барьеры. Гипотетически среди них могут быть следующие.

1. Полная автономность окажется технически недостижимой.

³¹ То есть к ускоряющейся жизни на ходу, в частности сопровождающейся удаленностью от мест обучения и работы; расселением в высотных зданиях; расползанием городов; распространением кофеен-офисов, коворкингов (в которых встречи происходят по пути движения из одного места в другое).

2. Система беспилотного вождения повысит себестоимость автомобиля настолько, что единственной нишей для автомобилей-беспилотников окажется премиальный сегмент.

3. Технически недостижимым окажется обеспечение безопасности данных (информации) пользователей и\или защита системы управления от взлома и внешнего контроля. Беспилотный автомобиль (в том числе из соображений снижения вероятности столкновения) не предусматривает участие водителя в вождении и осуществления контроля за движением с его стороны. Контроль и функции вождения осуществляются автопилотом, подключенным к сети и постоянно принимающим и передающим данные. Естественным следствием невозможности защитить эти данные или систему управления от взлома со стороны злоумышленников может быть либо запрет на использование таких систем со стороны органов государственного управления, либо отказ потенциальных пользователей от их покупки и эксплуатации. Даже если оценить вероятность взлома как низкую, ее наличие для рядового пользователя может выступать источником недоверия к новой технологии и чувства беспокойства за свою жизнь и здоровье. В таких условиях спрос на беспилотные автомобили может быть пренебрежимо малым.

4. Обеспечение безопасности данных пользователей и\или защита системы управления от взлома и внешнего контроля повысит себестоимость автомобиля настолько, что единственной нишей для автомобилей-беспилотников окажется премиальный сегмент.

5. Угроза высвобождения значительных трудовых ресурсов (водители) и социальной напряженности, особенно в развивающихся странах. Вероятно, потребуется особая государственная политика по организации переобучения водителей [194]. Если она не будет проведена заблаговременно, рост социальной напряженности может привести к конъюнктурным регуляторным решениям, в частности, к ограничению распространения беспилотного совместно используемого транспорта. Например, в Индии

правительство уже сейчас заявило, что будет препятствовать распространению беспилотных автомобилей в сфере коммерческого извоза [126].

Из гипотезы о возникновении труднопреодолимых препятствий на пути внедрения беспилотных автомобилей следует, в первую очередь, что не будет технологического толчка, стимулирующего практику совместного использования внутри домохозяйств и развитие специализированных сервисов, что предопределил инерционную логику процесса автомобилизации. На данный момент совокупный парк совместно используемых автомобилей в США (включая аренду автомобилей, принадлежащих домашним хозяйствам и специализированным компаниям) составляет около 149 тыс. шт. (то есть не более 0,07% от совокупного парка); совокупное число пользователей составляет около 4,3 млн. человек (то есть не более 1,5%). Темпы роста сферы совместного использования впечатляющие: с 2016 году среднегодовые темпы прироста парка каршеринга в мире составили 13%, числа пользователей - 55% [195], при этом в азиатском регионе среднегодовые темпы прироста парка каршеринга составили 30%, числа пользователей - 80%. Однако, если беспилотные автомобили не выступят в роли технологического драйвера, такие темпы роста, характерные для начальных этапов развития многих социально-экономических явлений, станут снижаться и совместное использование останется нишевой практикой. Полуавтономные автомобили, доля которых в парке вероятно будет расти, не создают дополнительных стимулов распространения совместного использования. Все эти обстоятельства в совокупности позволяют сформулировать главную черту данного сценария: в нем сохраняется традиционная логика воспроизводства парка легковых автомобилей.

Результаты расчетов в рамках этого сценария представлены в таблице 3.5 и на рисунке 3.2.

Таблица 3.5 – Результаты прогноза парка легковых автомобилей в сценарии 1.1

Страна	Парк легковых автомобилей в 2045, млн. шт.	Прирост парка в 2045 году по сравнению с 2019, %	Парк электромобилей в 2045 году, млн. шт.	Доля электромобилей в парке в 2045 году, %
Россия	61	40%	4	7%
Китай	528	186%	142	27%
ЕС	283	9%	82	29%
Индия	252	905%	51	20%
США	303	20%	83	28%
Япония	57	-8%	16	28%

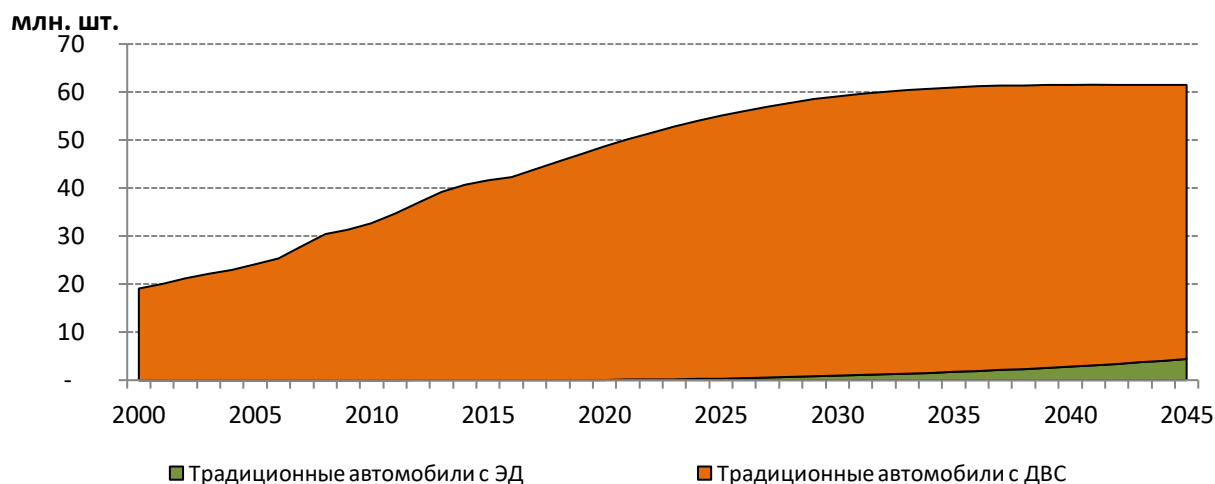


Рисунок 3.2 – Динамика и структура парка легковых автомобилей в России в сценарии 1.1.

Сценарий 1.2. «Цифровые города».

Сценарий «цифровых городов» предполагает развитие тенденций, описанных в разделе 2.1. (стр. 50), а именно частичную замену физических встреч и присутствия виртуальными; частичную замену перемещения людей перемещением товаров и услуг; распространение удаленной работы и автоматизацию производств; снижение престижа обладания автомобилями. Эти тенденции в сценарии 1.2 ведут к снижению VMT легкового автотранспорта и уменьшению продаж легковых автомобилей.

Результаты расчетов в рамках этого сценария представлены в таблице 3.6 и на рисунке 3.3.

Таблица 3.6 – Результаты прогноза парка легковых автомобилей в сценарии 1.2.

Страна	Парк легковых автомобилей в 2045, млн. шт.	Прирост парка в 2045 году по сравнению с 2019, %	Парк электромобилей в 2045 году, млн. шт.	Доля электромобилей в парке в 2045 году, %
Россия	60	36%	4	7%
Китай	511	177%	137	27%
ЕС	275	6%	78	28%
Индия	242	866%	49	20%
США	294	16%	80	27%
Япония	55	-10%	15	27%

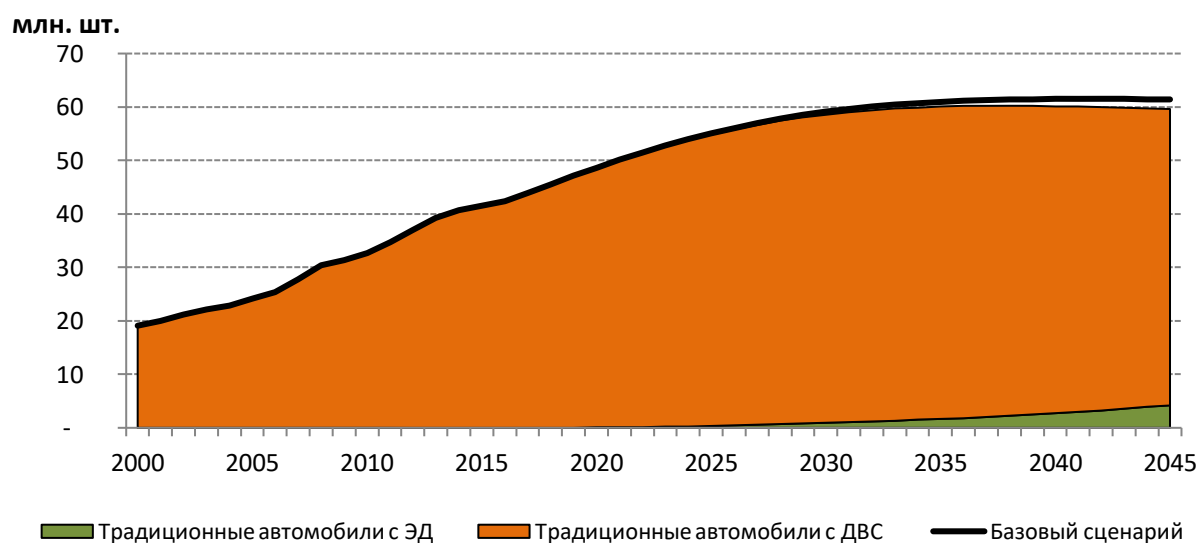


Рисунок 3.3 – Динамика и структура парка легковых автомобилей в России в сценарии 1.2.

Сценарий 2. «Только коммерческий извоз».

На данный момент технологии автоматического вождения уже разработаны, автомобили, оснащенные такими системами, проходят тестирования на дорогах общего пользования, в том числе в России.

Большинство экспертов связывают дату начала массового внедрения беспилотных автомобилей с 2025 годом [134 - 136]. В сценарии 2 предполагается, что возможные препятствия на пути массового распространения беспилотных автомобилей, описанные в сценарии 1.1, успешно преодолеваются, и их доля в продажах становится значимой в 2025 году. В рамках сценария 2 принимается предположение, что беспилотные автомобили продаются только специализированным компаниям и\или становятся частью парка каршеринговых компаний, созданных самими автопроизводителями, и не продаются в личное пользование домохозяйств. Это может быть связано с тем, что при продаже беспилотных автомобилей в личное пользование возникают проблемы разграничения ответственности в случае возникновения аварийной ситуации [116]. В частности, похожий сценарий рассматривается в рекомендациях по транспортной политике в провинции Онтарио [128]. Парк личных автомобилей формируется за счет традиционных автомобилей (которые все в большей степени оснащаются функциями автоматического вождения (автоматическая парковка, круиз-контроль, подключение к сети, автопилот для специализированных зон), то есть становятся полуавтономными). Эти функции не расширяют возможностей совместного использования, однако делает традиционные автомобили комфортнее. Возможная конкуренция между достаточно комфортными автомобилями в собственности и совместно используемыми беспилотными ограничивает потенциал роста рынка совместного использования.

Описанные обстоятельства, с одной стороны, определяют более высокие темпы распространения беспилотных совместно используемых автомобилей по сравнению со сценариями 1.1 и 1.2. С другой стороны, распространение беспилотных совместно используемых автомобилей (а значит и их возможности замещения традиционных автомобилей) ограничены рамками специализированных сервисов, а в данном сценарии принимается

гипотеза, что большинство потребителей не готовы отказаться от владения автомобилем.

Стоит отметить, что массовая эксплуатация полуавтономных автомобилей (2 и 3 уровня) значительно снижает безопасность на дорогах по сравнению с автомобилями, не оснащенными системой автопилотирования, в силу того, что водители склонны полагаться на автопилот даже в ситуациях, когда автопилотирование не предусмотрено, и в результате в критической ситуации водитель не успевает взять управление на себя. Это является значимым стимулом как для автопроизводителей, так и для государственных властей для ограничения распространения полуавтономных автомобилей и поощрения разработок беспилотных автомобилей [129].

Таким образом, основные отличия сценария 2 от сценария 1.2. состоят в том, что внедрение автомобилей-беспилотников, во-первых, происходит, во-вторых, способствует развитию совместного использования и сокращению потребности в автомобилях, приобретаемых в собственность домашних хозяйств, в-третьих, свойственный им потенциал сокращения потребности в традиционных автомобилях ограничен вследствие того, что беспилотные автомобили получают распространение преимущественно в специализированных сервисах.

Результаты расчетов в рамках сценария 2 представлены в таблице 3.7 и на рисунке 3.4.

Таблица 3.7 – Результаты прогноза парка легковых автомобилей в сценарии 2.

Страна	Парк легковых автомобилей в 2045, млн. шт.	Прирост парка в 2045 году по сравнению с 2019, %	Парк электромобилей в 2045 году, млн. шт.	Доля электромобилей в парке в 2045 году, %
Россия	56	27%	4	7%
Китай	470	154%	122	26%

ЕС	249	-4%	67	27%
Индия	234	834%	47	20%
США	272	8%	72	26%
Япония	49	-21%	12	25%

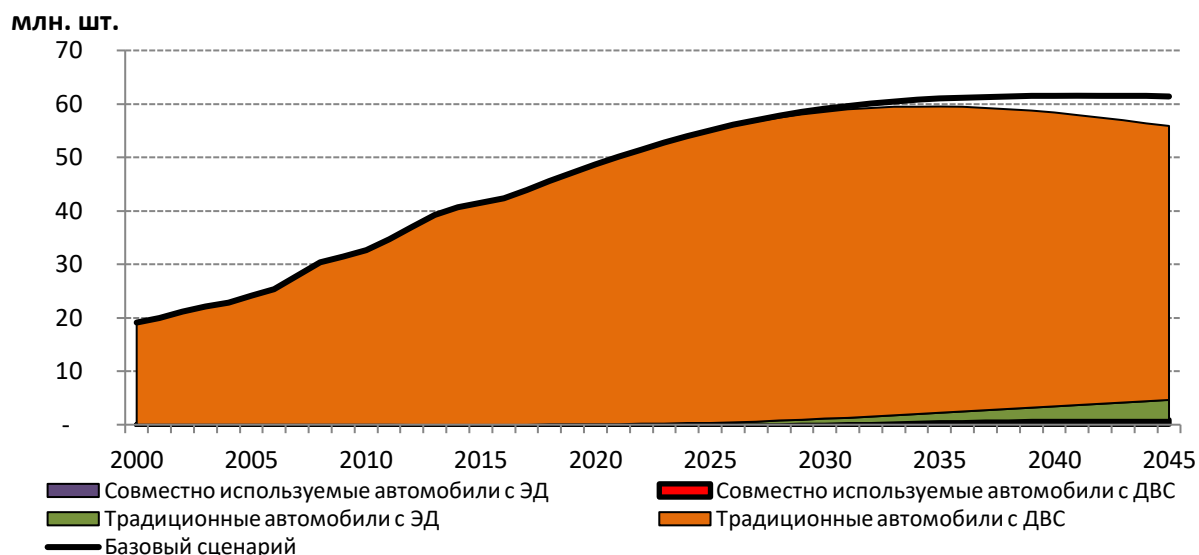


Рисунок 3.4 – Динамика и структура парка легковых автомобилей в России в сценарии 2.

Сценарий 3. «Беспилотные автомобили в собственности домохозяйств».

В этом сценарии, так же как в сценарии 2, принимается гипотеза, что массовое внедрение беспилотных автомобилей начнется с 2025 года. Предполагается, что проблемы разграничения ответственности между владельцем автомобиля и его производителем при авариях будут разрешены, что снимет барьеры на продажу беспилотных совместно используемых автомобилей в личное пользование, действующее в сценарии 2. Есть аргументы и в пользу того, что у большинства потребителей будут мотивы и необходимость владеть собственными автомобилями. Во-первых, спрос на личные автомобили может быть существенным в сельской местности, где автомобили, принадлежащие специализированным компаниям, не столь эффективны (особенно в части времени ожидания), и этот спрос может распространяться и на беспилотные автомобили. Во-вторых, беспилотные

автомобили могут иметь относительно низкую стоимость по сравнению с традиционными автомобилями: снижение вероятности столкновения обусловит снижение их веса и экономию на используемых материалах; полная автономность также позволит сэкономить на оснащении интерфейсом связи с водителем (руль, педали, приборная панель). Кроме того, один и тот же автомобиль-беспилотник может использоваться всеми членами одного домохозяйства (то есть заменять несколько традиционных автомобилей), что позволит существенно сэкономить. В-третьих, беспилотные автомобили будут в еще большей степени использоваться для отдыха и работы, а потому у потребителей может возникнуть необходимость оставлять и хранить свои личные вещи в таких автомобилях, что невозможно, если речь идет, о такси [196].

Таким образом в этом сценарии основными потребителями беспилотных автомобилей выступают домохозяйства. Механизм замещения беспилотными автомобилями традиционных может быть описан следующим образом. Семьи, не владеющие автомобилями и не стремящиеся к их приобретению, продолжают использовать общественный транспорт, велосипедное и пешее передвижение и услуги коммерческого извоза (в том числе беспилотного). Семьи, не владеющие автомобилем и намеревавшиеся его приобрести, покупают один беспилотный автомобиль, удовлетворяющий их потребность в передвижении. Семьи, владеющие одним автомобилем и не намеревавшиеся приобретать еще один, заменяют традиционный автомобиль на беспилотный. Описанные случаи не предполагают замещения беспилотными автомобилями традиционных в пропорции больше, чем 1:1. Сюда же относятся все случаи, когда беспилотный автомобиль покупается на замену или в дополнение традиционным, и по субъективному ощущению потребителей не проявляет достаточной эффективности, чтобы заменить собой более одного традиционного автомобиля.

Семьи, не владеющие автомобилем, которые имели трудности с эксплуатацией традиционных автомобилей (люди с ограниченными возможностями, пожилые), но хотели бы приобрести его, покупают беспилотный автомобиль. Этот случай описывает ситуацию, когда распространение беспилотных автомобилей приводит к увеличению парка.

Семьи, владеющие одним автомобилем и намеревавшиеся в перспективе купить еще один, покупают только один беспилотный автомобиль на замену первому, эффективно удовлетворяющему все возникающие потребности в передвижении. Семьи, владеющие одним автомобилем и намеревающиеся приобрести еще один, покупают беспилотный автомобиль в дополнение к первому, и убедившись в его эффективности, не покупают дополнительный автомобиль, когда первому придет пора выбывать (то есть в долгосрочной перспективе используют один беспилотный автомобиль вместо двух традиционных). Семьи, владеющие более, чем одним традиционным автомобилем, приобретают беспилотный автомобиль на замену или в дополнение, и, убедившись в его высокой эффективности, отказываются от покупок автомобилей на замену или в дополнение, которые были бы совершены, если бы речь шла о традиционных автомобилях. В этих случаях каждый из беспилотных автомобилей в долгосрочной перспективе заменяет традиционные в пропорции как минимум 1:2 (в случае если домохозяйство владеет или намеревалось владеть более, чем двумя автомобилями, речь идет о более высокой степени замещении). Доля домохозяйств, в долгосрочной перспективе, намеревавшихся (что важно для развивающихся стран) или уже владеющих (важно для развитых), более, чем одним автомобилем может быть довольно высока. В частности, в США доля домохозяйств, владеющих более, чем одним автомобилем, составляет 68% [81].

С учётом того, что сектор коммерческого извоза на базе беспилотных автомобилей будет более конкурентоспособный по отношению к автомобилям в собственности домохозяйств, часть из них может совсем отказаться от

владения в пользу беспилотных такси, у которых степень замещения может быть существенно выше двух. Таким образом, средний уровень замещения беспилотными автомобилями традиционных в парке к концу рассматриваемой перспективы принимается равным двум. Распространение совместного использования беспилотных автомобилей ограничивается крупными и возможно средними городами: в малых городах и сельской местности транспортные системы устроены иным образом: легковой автомобиль выступает средством связи с другими населенными пунктами. Распространение беспилотных автомобилей в них возможно (так как существенно повышает комфортность поездки, особенно на дальние расстояния), но к значимому замещению приводить не должно. Формализация этой гипотезы достигается за счет применения коэффициента остаточной доли традиционных автомобилей в продажах (которая отражает тот уровень традиционных автомобилей, который необходим для обеспечения транспортной связности в малых городах и селах).

Параметры выбытия традиционных автомобилей задаются возрастающими (в отличие от предыдущих сценариев), что предопределено гипотезой о том, что люди будут иметь стимулы отказываться от своих традиционных автомобилей быстрее, будучи привлеченными более комфортной и экономичной альтернативой в форме беспилотных автомобилей.

В сценарии 3 также принимается гипотеза о том, что повышенная эффективность, которую, как ожидается, продемонстрируют беспилотные автомобили, и принципиально новый уровень комфорта будут стимулировать возрастающий спрос на них, что определяет более высокие темпы роста продаж беспилотных совместно используемых автомобилей по сравнению со сценарием 2. Кроме того, ввиду активной государственной и городской интермодальной транспортной политики в данном сценарии предполагается, что общественный транспорт обладает экономическими преимуществами по

сравнению с беспилотными автомобилями (как в составе такси, так и в личном пользовании); его качество, доступность и престиж постоянно растут; легковой автотранспорт выступает не конкурентом, но дополняющим элементом по отношению к общественному транспорту. Вследствие этого основной спрос на беспилотные автомобили формируется не со стороны пользователей общественного транспорта, а со стороны автомобилистов.

Таким образом, основное отличие сценария 3 от сценария 2 состоит в том, что беспилотные автомобили продаются в пользование домохозяйств и используются ими совместно.

Результаты расчетов в рамках сценария 3 представлены в таблице 3.8 и на рисунке 3.5.

Таблица 3.8 – Результаты прогноза парка легковых автомобилей в сценарии 3.

Страна	Парк легковых автомобилей в 2045, млн. шт.	Прирост парка в 2045 году по сравнению с 2019, %	Парк электромобилей в 2045 году, млн. шт.	Доля электромобилей в парке в 2045 году, %
Россия	47	6%	3	6%
Китай	390	111%	102	26%
ЕС	205	-21%	50	24%
Индия	164	556%	32	19%
США	227	-10%	53	23%
Япония	42	-32%	10	23%

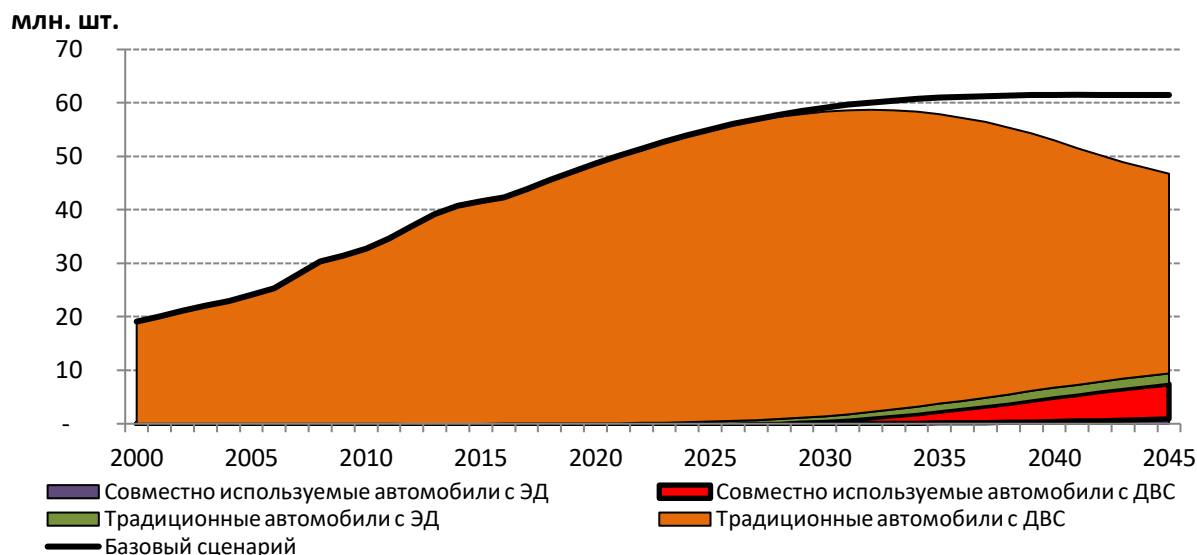


Рисунок 3.5 – Динамика и структура парка легковых автомобилей в России в сценарии 3.

Сценарий 4.1. «Мобильность как услуга» (“Mobility-as-service”, Maas).

В настоящее время наметились тенденции, позволяющие появление и развитие так называемых «городов, удобных для жизни». Среди них можно выделить распространение альтернативных личному легковому автомобилю форм передвижения (общественный транспорт, каршеринг, велосипед); снижение зависимости городов от углеродных источников энергии (электромобили); перераспределение городского пространства в пользу людей, а не автомобилей; отказ от использования автомобилей в центре города или всем городе; развитие рынка аренды, позволяющего проживание ближе к месту работы/учебы; уплотнение застройки; распространение значимости идей устойчивого развития. Следует отметить, что такое развитие городов требует существенной перестройки транспортных и энергетических систем, а потому зависит в большой степени от политической воли городских властей. Тем не менее последние тенденции в развитии городов, энергетике и потребительском поведении свидетельствуют в пользу того, что его вероятность может быть выше, чем ожидалось.

В этом сценарии меры политики городских властей направлены на выстраивание хорошо контролируемой упорядоченной транспортной системы и в отличие от стихийного (когда люди совершают поездки из начального пункта в конечный на личном автомобиле) способа ее формирования отдают ведущую роль общественному транспорту и коммерческому извозу на легковых автомобилях. Развитие цифровых технологий, систем мониторинга, интернета вещей, методов анализа больших данных и автоматического управления позволяют выстраивать такие системы. В частности, в Хельсинки разрабатывается оператор, который обеспечит функционирование городской транспортной системы так, что личному автомобилю в ней не найдется места. Аналогичные проекты разрабатываются для Сингапура и других крупных городов. Новые города и районы также выстраиваются и развиваются в этой логике. Вследствие этого, в этом сценарии основная роль в обеспечении передвижений в городе отводится общественному транспорту, а легковой автотранспорт рассматривается как его часть. Удобство и качество передвижения по городу достигаются за счет интермодальности поездок. Основная часть пути совершается на общественном скоростном железнодорожном транспорте (метро, пригородные поезда, легкое метро), дорожный транспорт (в том числе легковые автомобили) используется на первых и последних километрах пути. Цифровые технологии позволяют достигнуть такой координации разных форм транспорта, чтобы свести время на ожидание и пересадку к минимуму, и беспилотный подключенный к сети транспорт в этом играет не последнюю роль. В случае если транспортные системы большинства крупных городов удастся выстроить в логике «мобильность как услуга», то у жителей городов и их пригородов появятся мощные мотивы для отказа от личного владения. Поездки за город, в которых личный автомобиль в настоящее время является наиболее удобным, будучи достаточно редкими также могут осуществляться на беспилотных такси. В таких условиях степень замещения одним беспилотным автомобилем традиционных может быть довольно высокой, а количество беспилотных

автомобилей относительно велико. Как и в предыдущем сценарии распространение совместного использования беспилотных автомобилей ограничивается крупными и возможно средними городами.

Таким образом, в сценарии 4.1. на уровне городов предполагается относительно большое распространение беспилотных автомобилей, постепенно замещающих традиционные автомобили в собственности домохозяйств в относительно высокой пропорции. На уровне малых городов и сельской местности беспилотные автомобили не используются совместно, что делает их не отличимыми (в нашем исследовании) от традиционных. Формализация этой гипотезы достигается за счет увеличения коэффициента остаточной доли традиционных автомобилей в продажах (которая отражает тот уровень традиционных автомобилей, который необходим для обеспечения транспортной связности в малых городах и селах).

Однако потенциал эффективности беспилотных совместно используемых автомобилей в сценарии 4.1 ограничен сохранением традиционного режима мобильности. Если в предыдущих сценариях влияние возможных изменений в режимах мобильности не оказывалось существенным, то в сценарии 4.1 сохранение традиционной мобильности становится важным условием при оценке параметра замещения традиционных автомобилей беспилотными совместно используемыми. В настоящее время ежедневная мобильность имеет два пика - утренний и вечерний, когда на дорогах оказывается наибольшее количество автомобилей по сравнению с другими промежутками дня. Если эти пики сохраняются, то беспилотные автомобили (даже будучи более эффективными в маневрировании и организации движения по сравнению с традиционными автомобилями и используемые совместно в качестве аналога такси или обслуживая нескольких членов одного\двух домохозяйств) будут, тем не менее, оказываться на дорогах одновременно, а потому потенциальный максимальный уровень замещения определяется как раз в часы пик. Один традиционный легковой автомобиль в

среднем вмещает четырех человек, а потому максимальное число легковых автомобилей, которое мог бы заместить автомобиль-беспилотник равняется четырем. В остальные часы дня часть беспилотных автомобилей будет простаивать (не выполнять никакой транспортной работы), а, значит, потенциал эффективности беспилотных совместно используемых автомобилей будет использоваться не полностью. Таким образом, в сценарии 4.1 предполагается, что к 2035 году средняя степень замещения достигнет двух, а к 2045 году – четырех (что эквивалентно гипотезе о том, что беспилотные автомобили используются в среднем двумя домохозяйствами). В то же время гипотезы продаж беспилотных автомобилей сравнимы с гипотезами сценария 3.

Результаты расчетов в рамках этого сценария представлены в таблице 3.9 и на рисунке 3.6.

Таблица 3.9 – Результаты прогноза парка легковых автомобилей в сценарии 4.1.

Страна	Парк легковых автомобилей в 2045, млн. шт.	Прирост парка в 2045 году по сравнению с 2019, %	Парк электромобилей в 2045 году, млн. шт.	Доля электромобилей в парке в 2045 году, %
Россия	44	0%	3	6%
Китай	347	88%	88	25%
ЕС	192	-26%	43	23%
Индия	142	465%	26	19%
США	210	-17%	48	23%
Япония	36	-41%	7	20%

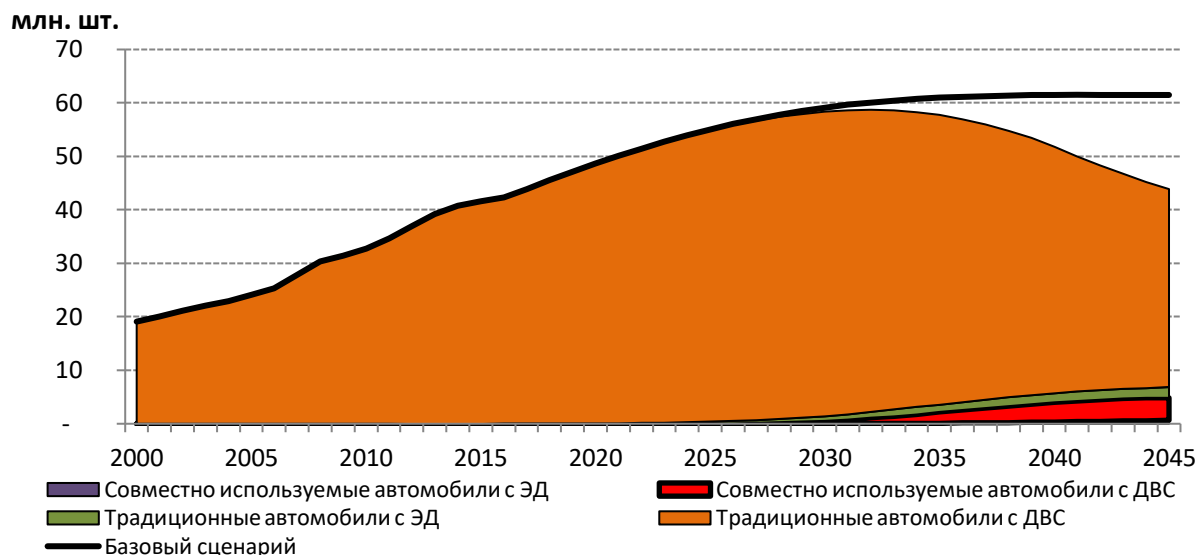


Рисунок 3.6 – Динамика и структура парка легковых автомобилей в России в сценарии 4.1.

Сценарий 4.2. «Распределенная мобильность».

Основное отличие данного сценария от сценария 4.1 состоит в том, что пики мобильности, наблюдаемые в настоящее время будут сглажены и транспортные потоки будут более равномерно распределяться в течение дня. Этому может способствовать дальнейшее развитие уже наметившихся тенденций: удаленная работа, гибкий график, фриланс.

В условиях распределенной мобильности снимаются ограничения на степень замещения, описанные в сценарии 4.1. Один и тот же беспилотный автомобиль может быть использован многократно в течение дня пользователями из разных домохозяйств, соответственно степень замещения не ограничена четырьмя, а может быть существенно выше. Описанные обстоятельства могут значительно повысить степень замещения традиционных автомобилей беспилотными совместно используемыми. В сценарии 4.2 принимается гипотеза, что она достигнет восьми (во столько раз в среднем транспортная работа современного такси выше транспортной работы личного автомобиля).

Результаты расчетов в рамках этого сценария представлены в таблице 3.10 и на рисунке 3.7.

Таблица 3.10 – Результаты прогноза парка легковых автомобилей в сценарии 4.2.

Страна	Парк легковых автомобилей в 2045, млн. шт.	Прирост парка в 2045 году по сравнению с 2019, %	Парк электромобилей в 2045 году, млн. шт.	Доля электромобилей в парке в 2045 году, %
Россия	39	-11%	2	5%
Китай	238	29%	76	32%
ЕС	149	-43%	35	24%
Индия	109	337%	23	21%
США	161	-36%	46	29%
Япония	26	-57%	7	26%

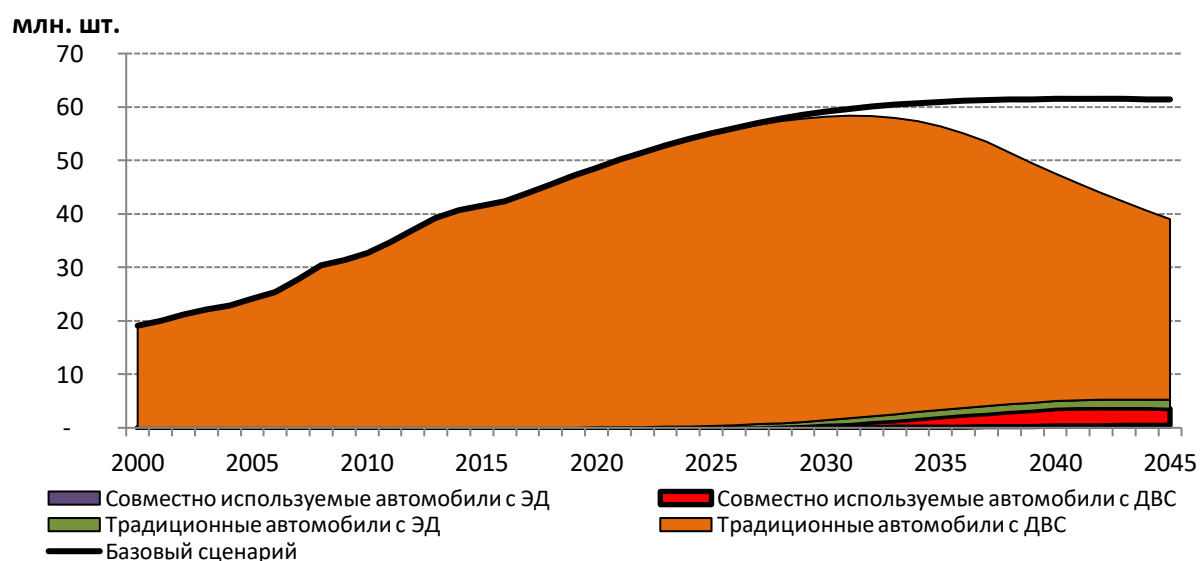


Рисунок 3.7 – Динамика и структура парка легковых автомобилей в России в сценарии 4.2.

Ниже представлена динамика показателя обеспеченности населения легковыми автомобилями (число легковых автомобилей на 1000 человек) в ретроспективе и перспективе в сценариях 1.1 – 4.2 для рассматриваемых стран (Рисунок 3.8 – 3.13). Кривая, соответствующая сценарию 1.1, является S-

образной кривой, используемой обычно при моделировании динамики автомобилизации в рамках традиционного подхода и обеспечивающей перенос на прогнозную перспективу тех факторов и механизмов, которые определяли ход процессов автомобилизации в ретроспективе. Кривые, соответствующие сценариям 2 – 4.2., учитывают возможную трансформацию логики процесса автомобилизации при разных вариантах распространения феномена совместного использования и технологий автоматизации вождения. Во всех случаях прогнозные оценки, полученные с учетом этих факторов, значительно отклоняются от траектории, полученной в рамках традиционного подхода.

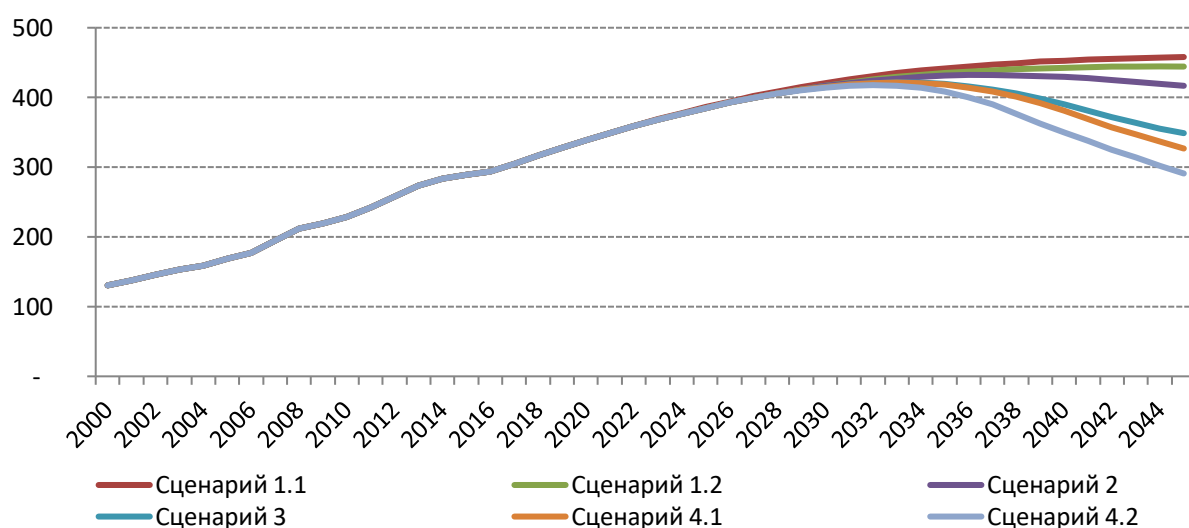


Рисунок 3.8 – Число легковых автомобилей на 1000 человек в России в сценариях 1.1 – 4.2., шт.

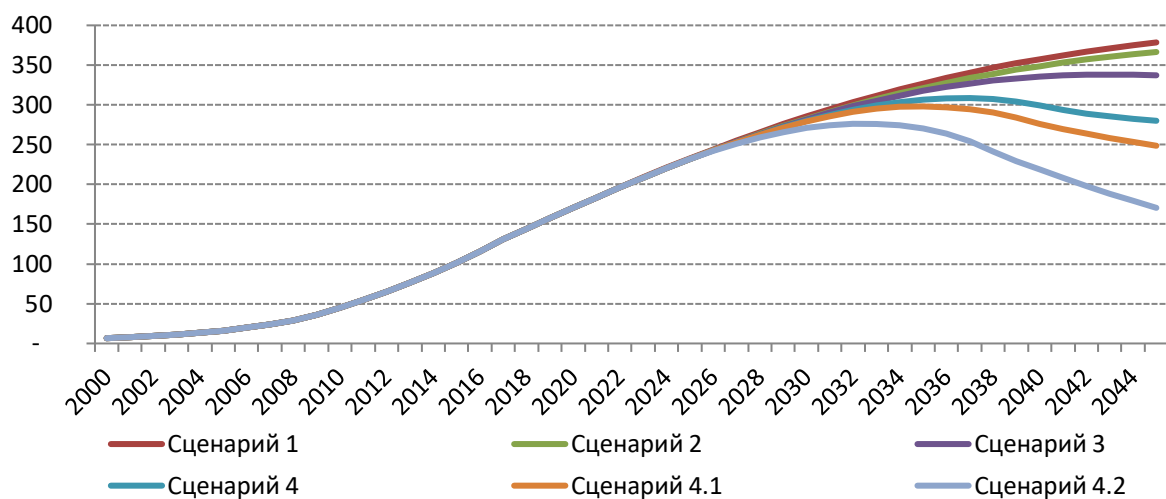


Рисунок 3.9 – Число легковых автомобилей на 1000 человек в Китае в сценариях 1.1 – 4.2., шт.

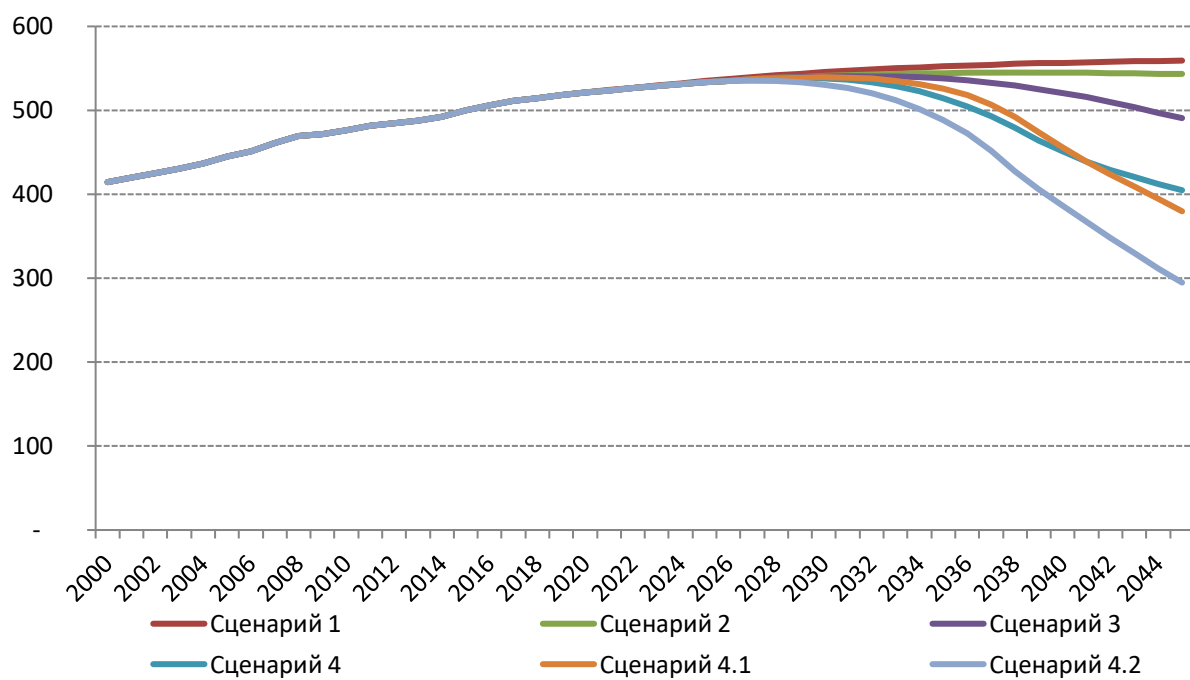


Рисунок 3.10 – Число легковых автомобилей на 1000 человек в Евросоюзе в сценариях 1.1 – 4.2., шт.

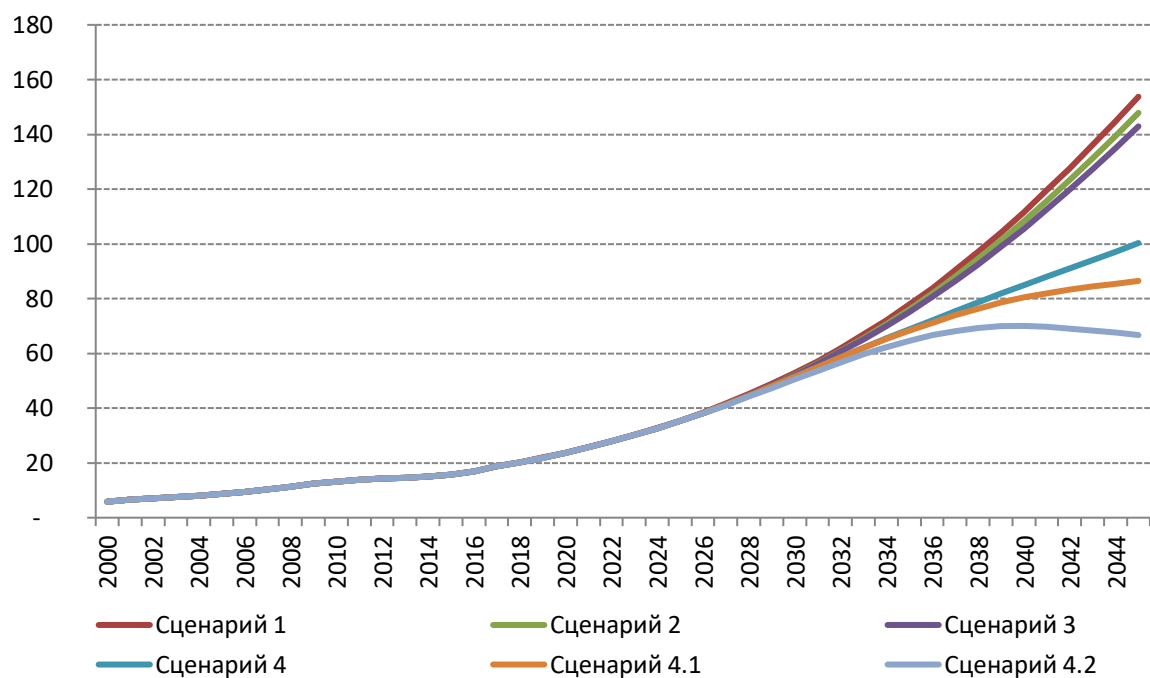


Рисунок 3.11 – Число легковых автомобилей на 1000 человек в Индии в сценариях 1.1 – 4.2., шт.

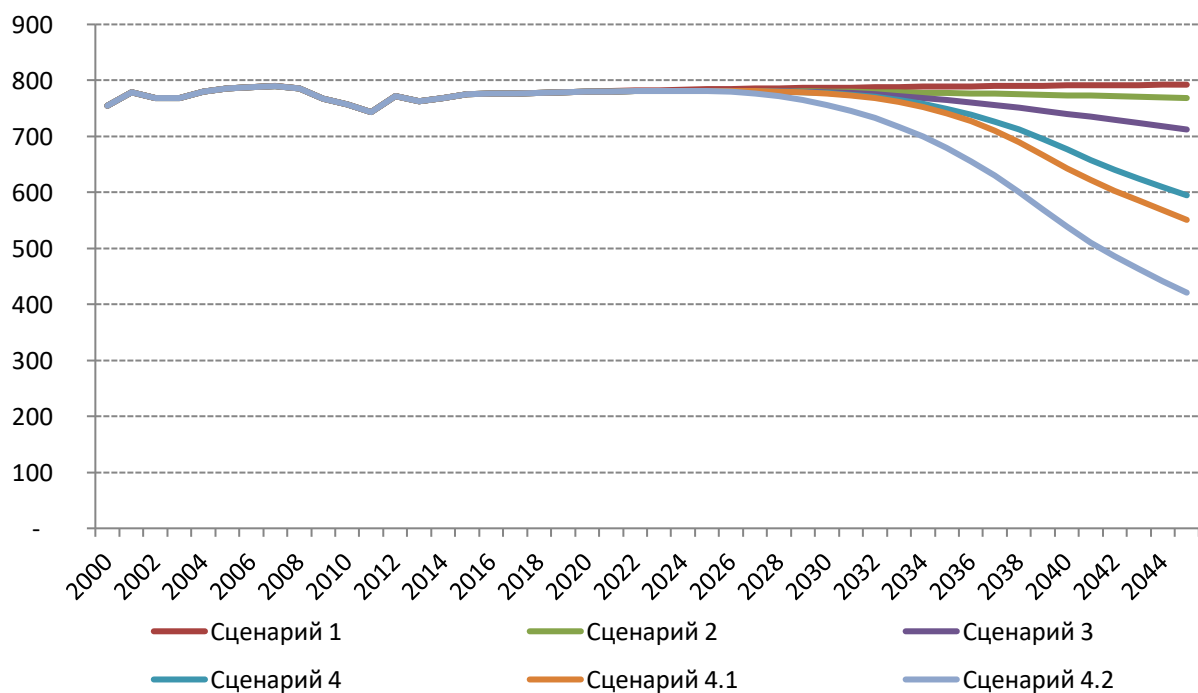


Рисунок 3.12 – Число легковых автомобилей на 1000 человек в США в сценариях 1.1 – 4.2., шт.

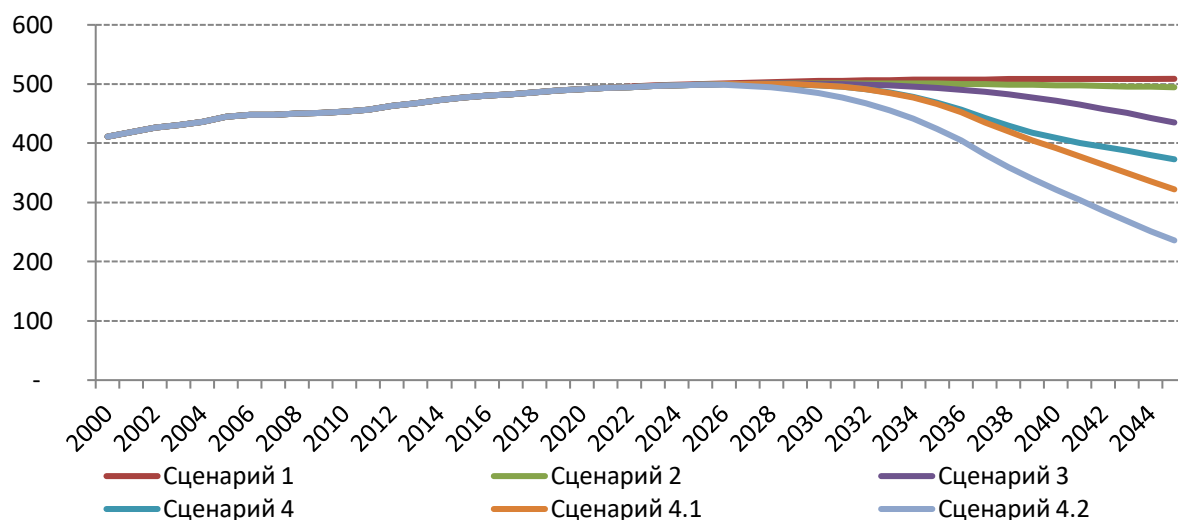


Рисунок 3.13 – Число легковых автомобилей на 1000 человек в Японии в сценариях 1.1 – 4.2., шт.

Полученные оценки динамики парка легковых автомобилей принципиально отличаются от оценок других исследователей, не принимавших во внимание факторы распространения совместного использования и беспилотных автомобилей. На рисунке 3.14 приведены некоторые из таких прогнозов для Китая. Различия в оценках на периоде до 2019 года объясняются тем, что рассматриваемые прогнозы были сделаны раньше, на основе статистических данных до 2012 года и не учитывали бурного роста парка легковых автомобилей в Китае, пришедшегося на последние годы. С этой точки зрения простое сопоставление оценок было бы не вполне корректным. Однако можно отметить принципиальные различия в динамике. В представленных исследованиях во внимание принимался довольно широкий набор факторов: среднедушевой ВВП (Chamon [16], Nao [18], Нюо [9]); коэффициент Джини (Chamon, Нюо); уровень урбанизации (Chamon, Нao); средний размер домохозяйств (Chamon, Нao); плотность населения, цены на моторное топливо (Chamon). Однако в силу того, что факторы, которые обладают потенциалом негативно влиять на динамику парка, не принимались во внимание, все эти прогнозы объединяет рост совокупного парка легковых автомобилей в долгосрочной перспективе в

отличие от прогнозов в сценариях 2 – 4.2, в контексте которых наблюдается его снижение под действием новых факторов.

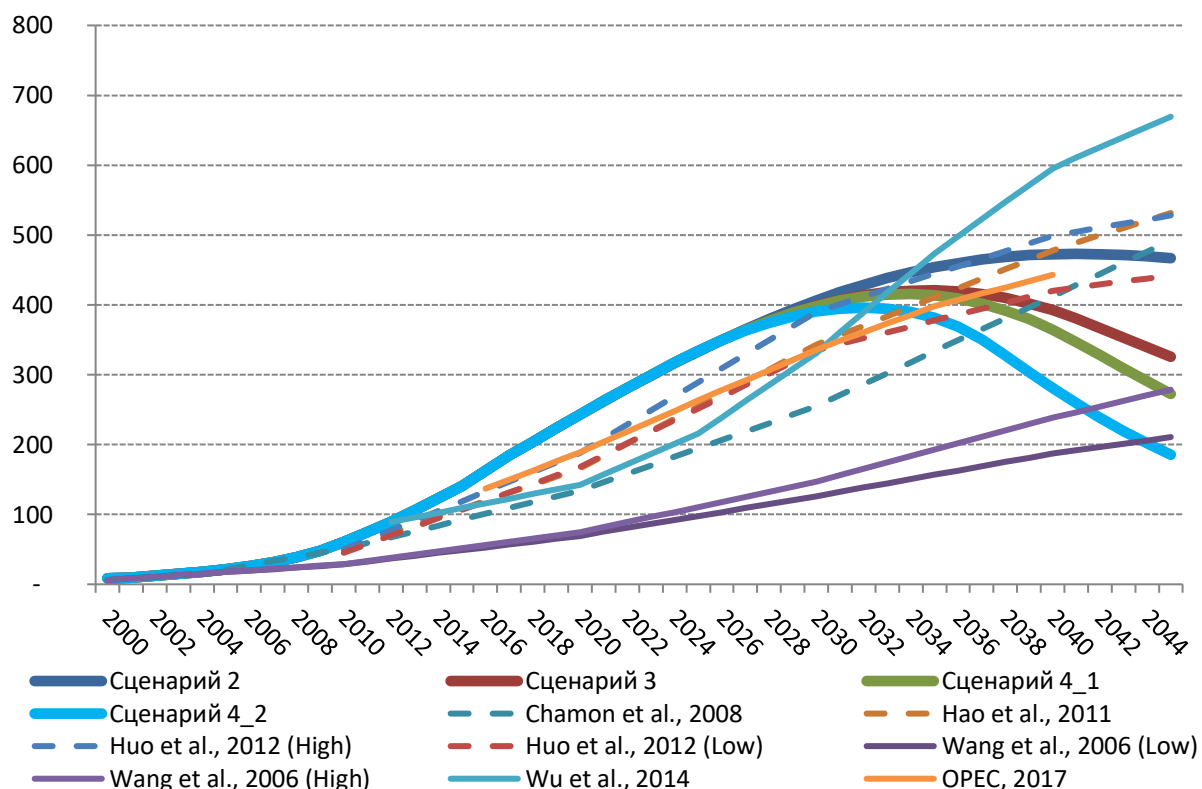


Рисунок 3.14 – Прогноз парка легковых автомобилей в сценариях 2 – 4.2 в Китае на фоне прогнозов других исследователей.

3.3. Прогноз потребности в энергоресурсах со стороны автомобильного транспорта в России и в крупнейших экономиках мира до 2045 года

Оценки динамики и структуры парка, полученные в сценариях 1.1 – 4.2 для России и пяти крупнейших экономик мира (Китай, Евросоюз, США, Индия, Япония) до 2045 года, могут быть использованы для прогноза потребности в энергоресурсах (нефтепродукты, электроэнергия) со стороны легкового автотранспорта. Для этого сценарии 1.1 – 4.2., представленные в предыдущем разделе, должны быть дополнены гипотезами о перспективной динамике тех экзогенных параметров расчетов, которые отражают влияние

основных факторов формирования объемов и структуры потребления энергоносителей легковым автотранспортом (Таблица 3.11).

Таблица 3.11 – Численное значение параметров в сценариях 1.1 – 4.2 для рассматриваемых стран.

	Сценарий 1.1	Сценарий 1.2	Сценарий 2	Сценарий 3	Сценарий 4.1	Сценарий 4.2
Удельный расход нефтепродуктов для автомобилей с ДВС, литров на 100 км						
2025	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9
2035	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3
2045	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
Удельный расход электроэнергии для электромобилей, кВт*ч на 100 км						
2025	19	19	19	19	19	19
2035	18	18	18	18	18	18
2045	17	17	17	17	17	17
Относительная энергоэффективность беспилотных автомобилей по сравнению с традиционными						
2035	-	-	5%	5%	5%	5%
2045	-	-	10%	10%	10%	10%
Годовой пробег традиционных автомобилей, тыс. км						
2025	15	15	15	15	15	15
2035	15	15	15	15	15	15
2045	15	15	15	15	15	15
Годовой пробег беспилотных совместно используемых автомобилей, тыс. км						
2035	-	-	28	27	30	49
2045	-	-	74	37	62	121

Расчеты показывают (Рисунок 3.15), что к 2045 году совокупный парк легковых автомобилей в России в сценарии 1.1 вырастет почти на половину по сравнению с 2019 годом (до 61 млн. шт.), в сценарии 1.2 до 60 млн. шт., в сценарии 2 до 56 млн. шт. Совместное использование беспилотных автомобилей в городах в рамках домохозяйств в сценарии 3 может привести к снижению до 47 млн. шт. по сравнению с 42 млн. шт. в 2019 году; развитие в городах системы «мобильность как услуга» может привести к снижению до 44 млн. шт. (в сценарии 4.1) и до 39 млн. шт. (в сценарии 4.2).

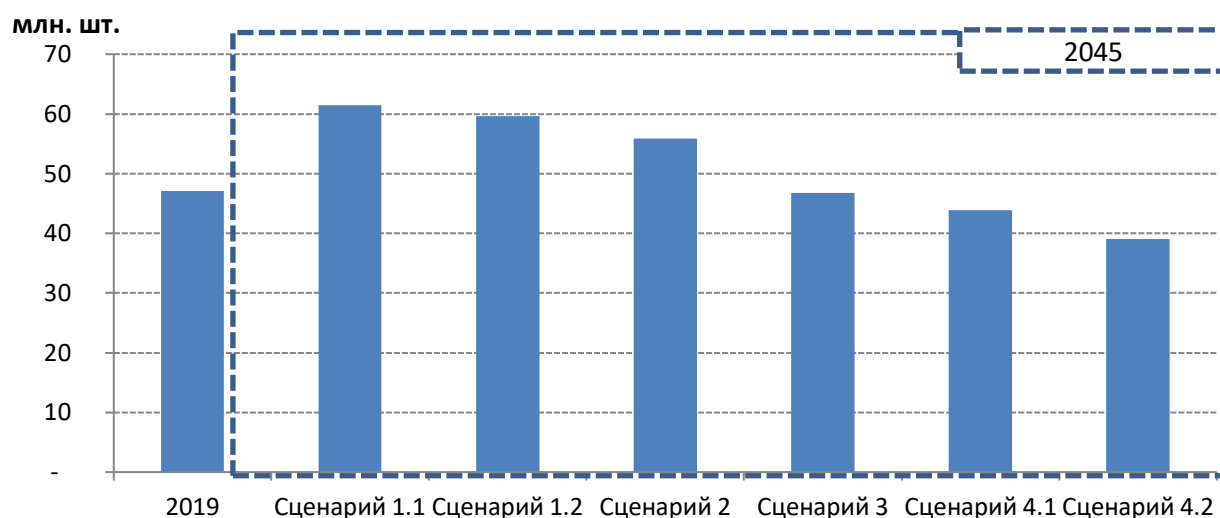


Рисунок 3.15 – Парк легковых автомобилей в России в 2019 и 2045 году в сценариях 1.1 – 4.2., млн. шт.

Что касается внешних рынков (Рисунок 3.16), то в рассматриваемых пяти странах совокупный парк в сценарии 1.1 вырастет на 639 млн. единиц по сравнению с 2019 годом, причем если в настоящее время наибольшим парком обладают США (252 млн. шт.), то к 2045 году в сценарии 1.1 им будет обладать Китай (528 млн. шт.), на него же придется основной прирост совокупного парка. В сценарии 1.2 совокупный парк также увеличится по сравнению с 2019 (на 594 млн. шт.), однако по сравнению со сценарием 1.1 он будет меньше на 45 млн. шт. (на 3%). В сценарии 2 совокупный парк легковых автомобилей пяти стран также вырастет по сравнению с 2019 годом (на 489 млн. шт.).

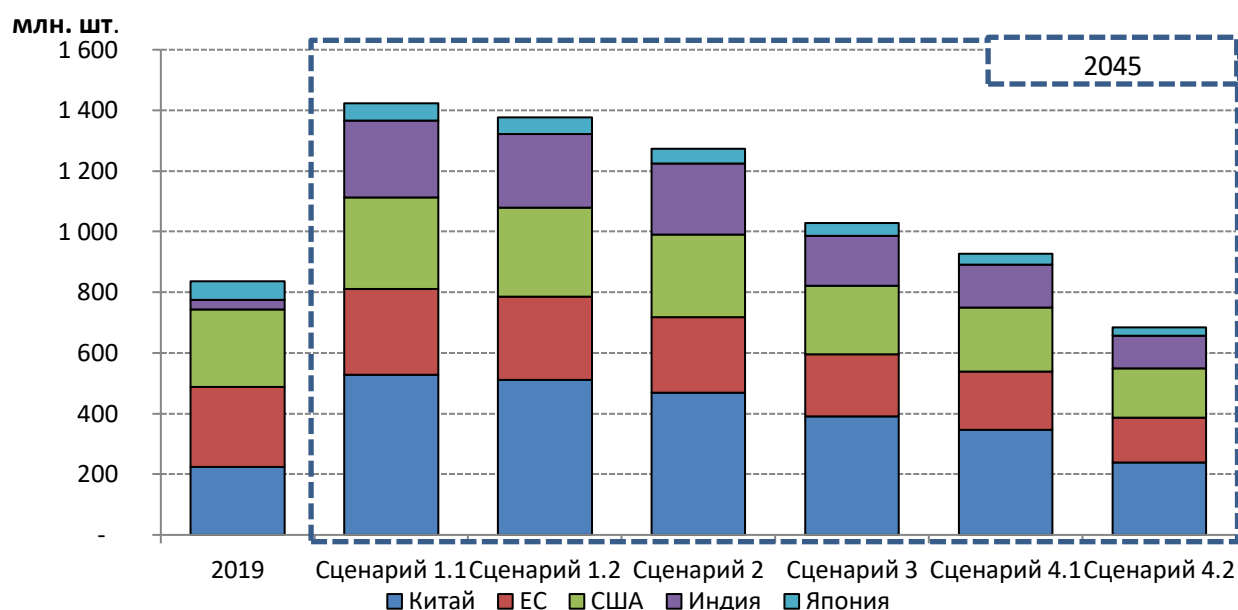


Рисунок 3.16 – Парк легковых автомобилей в пяти крупнейших экономиках мира в 2019 и 2045 году в сценариях 1.1 – 4.2, млн. шт.

В сценарии 3 совместное использование беспилотных автомобилей внутри домохозяйств приводит к существенно меньшему приросту парка пяти стран к 2045 году по сравнению с текущим уровнем (на 245 млн. шт.) и снижению по сравнению с базовым сценарием на 394 млн. шт. В сценарии 4.1 развитие систем «мобильность как услуга» приводит к приросту совокупного парка пяти стран к 2045 году на 144 млн. шт. по сравнению с текущим уровнем (снижение по сравнению с базовым сценарием на 495 млн. шт.). И наконец, в сценарии 4.2 более эффективное использование беспилотных совместно используемых автомобилей, обусловленное сглаживанием утренних и вечерних пиков интенсивности дорожного движения, приводит к снижению совокупного парка пяти стран к 2045 году до 684 млн. шт. (на 100 млн. шт. меньше, чем в 2019 году и на 739 млн. шт. меньше, чем в базовом сценарии). Лидером по объему парка в этом сценарии является Китай (238 млн. шт.).

Что касается автомобилей с ДВС, то в силу изменения структуры парка в пользу электромобилей, их парк оценивается еще ниже. В России (Рисунок 3.17) в сценарии 3 он оценивается на уровне 2019 года, в сценарии 4.1 он

может составить 41 млн. шт. (на 3 млн. шт. меньше по сравнению с 2019 годом); в сценарии 4.2 – 37 млн. шт. (на 7 млн. шт. меньше, чем в 2019 году).

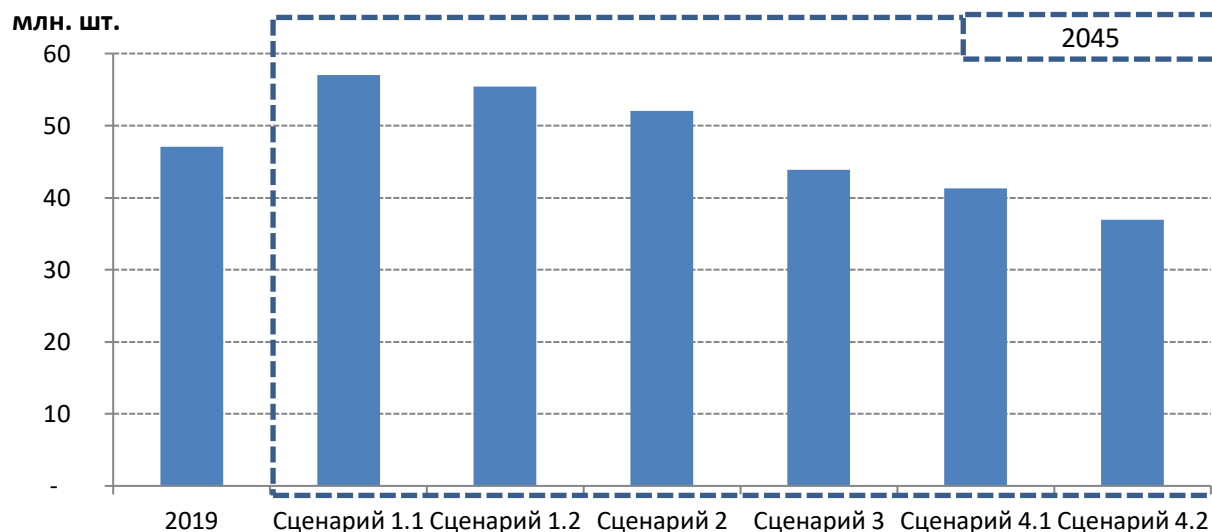


Рисунок 3.17 – Парк легковых автомобилей с двигателями внутреннего сгорания в России в 2019 и 2045 году в сценариях 1.1 – 4.2, млн. шт.

Что касается внешних рынков (Рисунок 3.18), то при условии принятых гипотез распространения электромобилей (см. таблицу 3.1), в базовом сценарии парк автомобилей с ДВС к 2045 году по сравнению с 2019 растёт на 268 млн. шт., причем рост придется только на Китай (до 386 млн. шт.) и Индию (до 201 млн. шт.). В сценариях 4.1 и 4.2 ожидается снижение парка автомобилей с ДВС, причем наибольшее снижение прогнозируется в сценарии 4.2: на 284 млн. шт. по сравнению с 2019 годом и на 552 млн. шт. по сравнению со сценарием 1.1. Лидером по размеру парка автомобилей с ДВС к 2045 году в этом сценарии будет Китай (162 млн. шт.).

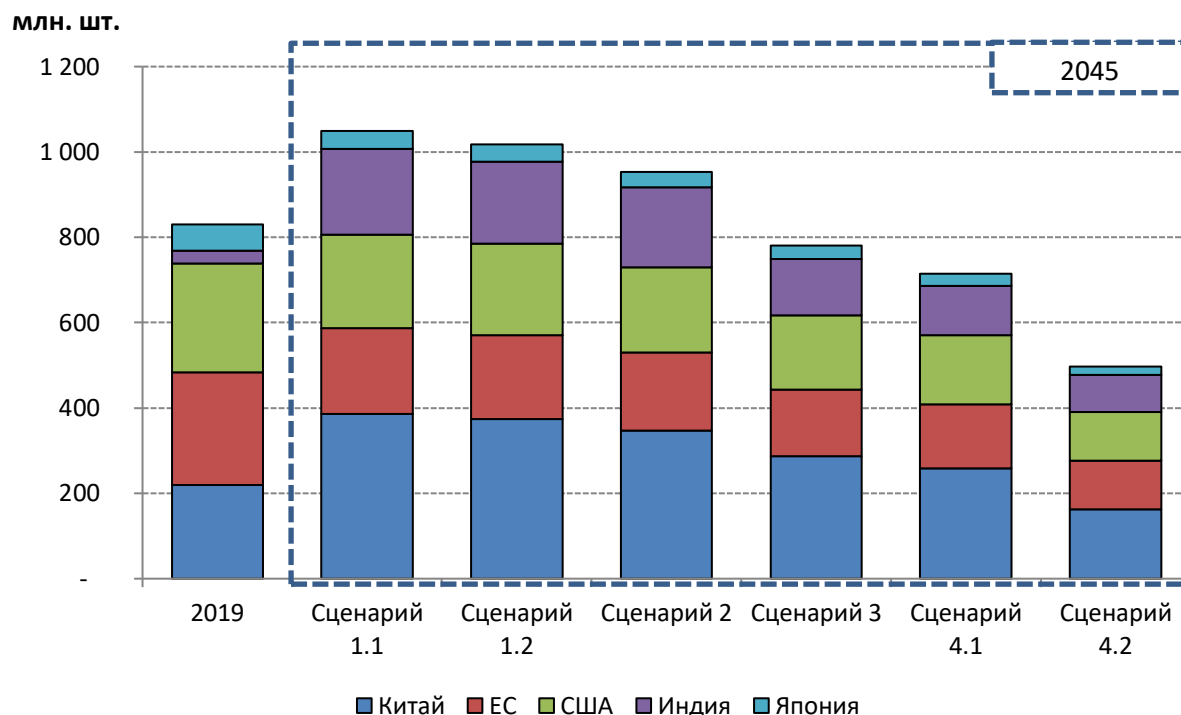


Рисунок 3.18 – Парк легковых автомобилей с двигателями внутреннего сгорания в пяти крупнейших экономиках мира в 2019 и 2045 году в сценариях 1.1 – 4.2, млн. шт.

Распространение электромобилей в России не ожидается значительным: при гипотезе их распространения, описанной в таблице 3.1, расчет показывает рост их парка до 4,4 млн. шт. в сценарии 1.1; до 4,2 млн. шт. в сценарии 1.2; до 3,8 млн. шт. в сценарии 2; до 2,9 млн. шт. в сценариях 3; до 2,6 млн. шт. в сценарии 4.1; до 2,1 млн. шт. в сценарии 4.2 (Рисунок 3.19).

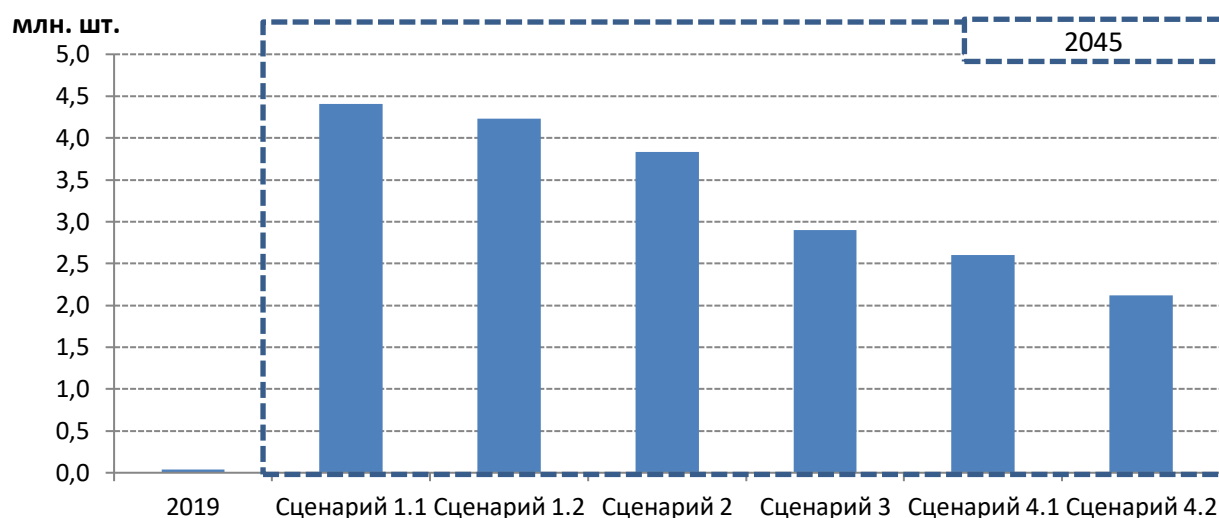


Рисунок 3.19 – Парк легковых автомобилей с электродвигателями в России в 2019 и 2045 году в сценариях 1.1 – 4.2, млн. шт.

При этом доля электромобилей среди совместно используемых автомобилей будет выше: в силу более интенсивного использования их парк будет обновляться быстрее, а потому и быстрее электрифицироваться. Так в сценарии 4.2 доля электромобилей в парке беспилотных совместно используемых автомобилей к 2045 году в России составит 13%, в то время как в парке традиционных автомобилей 5% (при одинаковых гипотезах повышения их доли в продажах). Это предопределяет более высокую долю VMT электромобилей в совокупном VMT легковых автомобилей по сравнению с долей электромобилей в общем парке в сценариях, в которых совместное использование играет ведущую роль (Рисунок 3.20).

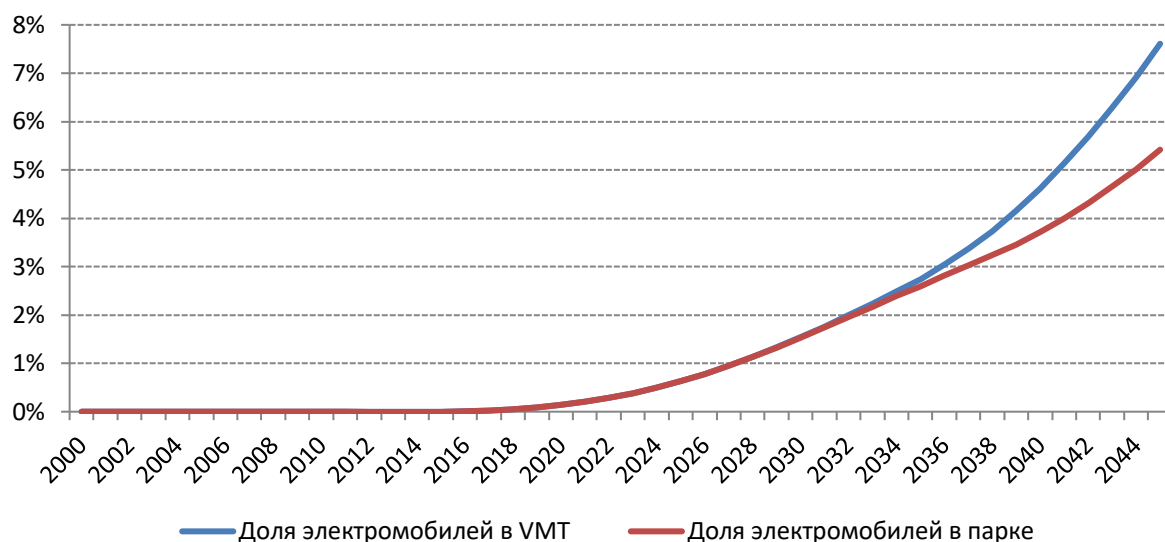


Рисунок 3.20 – Доля электромобилей в парке и VMT легковых автомобилей в России в сценарии 4.2, %

На внешних рынках расчеты также показывают рост совокупного парка электромобилей по сравнению с 2019 годом во всех сценариях (Рисунок 3.21). Если в настоящее время парк легковых электромобилей в крупнейших пяти экономиках составляет около 3 млн. штук (менее 1% от общего парка), то к 2045 году в базовом сценарии он может вырасти до 374 млн. шт.; в сценарии 1.2 до 359 млн. шт.; в сценарии 2 до 320 млн. шт.; в сценарии 3 до 247 млн. шт.; в сценарии 4.1 до 213 млн. шт.; в сценарии 4.2 до 187 млн. шт. Основным драйвером при этом будет Китай.

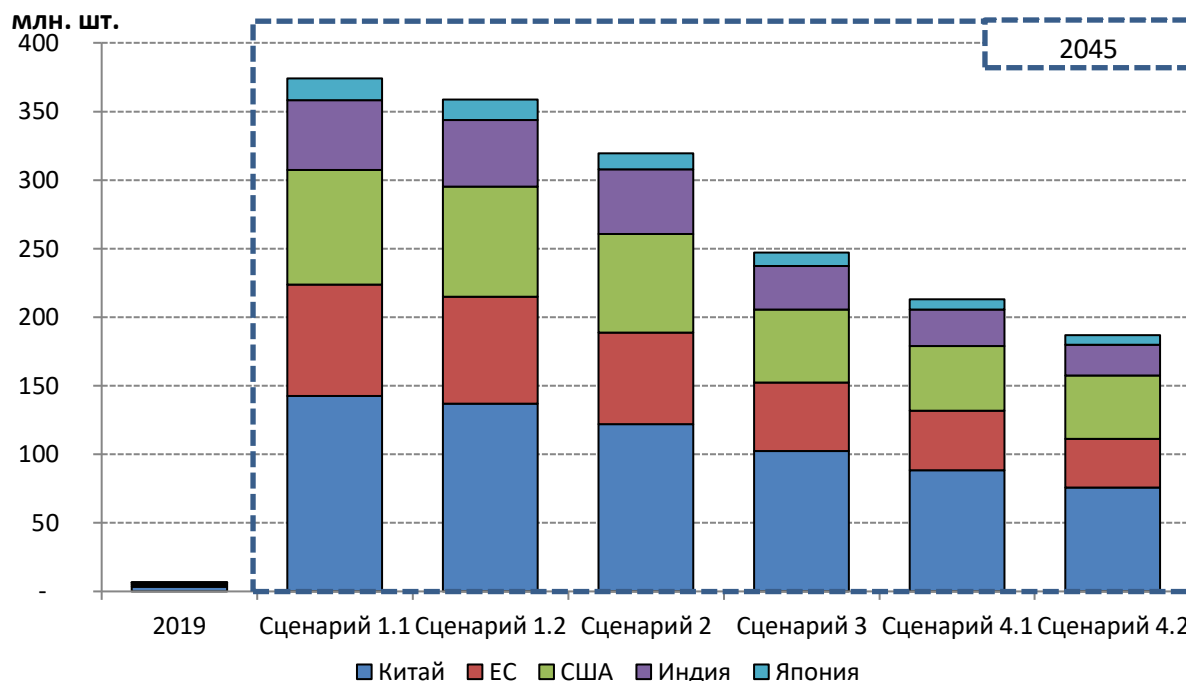


Рисунок 3.21 – Парк легковых автомобилей с электродвигателями в пяти крупнейших экономиках мира в 2019 и 2045 году в сценариях 1.1 – 4.2, млн. шт.

Аналогично в силу ускоренной электрификации совместно используемого парка (в сценарии 4.2 к 2045 году доля электромобилей в нем 43% в то время как среди традиционных автомобилей их доля 24%) и их существенно более высокого пробега (см. Таблицу 3.11), доля VMT электромобилей в VMT легкового автотранспорта выше доли электромобилей в парке (Рисунок 3.22).

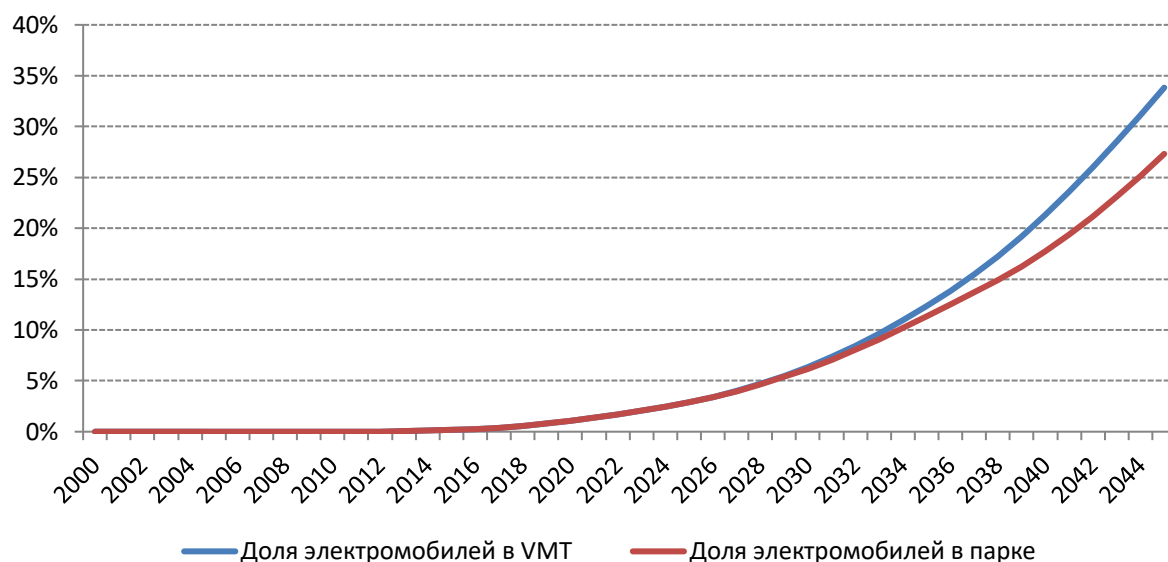


Рисунок 3.22 – Доля электромобилей в парке и VMT легковых автомобилей в рассматриваемых пяти странах в сценарии 4.2, %

Полученные оценки парков легковых автомобилей, а также гипотезы относительно удельного расхода топлива и пробегов (см. таблицу 3.11), позволяют рассчитать потребность в энергоресурсах со стороны легкового автотранспорта в рассматриваемых странах. Из-за распространения электромобилей, с одной стороны, и повышения энергоэффективности двигателей внутреннего сгорания, с другой, потребление нефтепродуктов легковыми автомобилями в России к 2045 году не возрастает также значительно как парк по сравнению с 2019 годом (Рисунок 3.23): в сценарии 1.1 на 3%; в сценарии 1.2 оценивается на уровне 2019 года; в остальных сценариях в силу более высокой электрификации совместно используемого парка и его повышенной энергоэффективности (см. Таблицу 3.11) потребление нефтепродуктов ожидается ниже, чем в 2019 году (в сценарии 2 на 2%; в сценариях 3 и 4.1 на 4% и на 13% в сценарии 4.2).

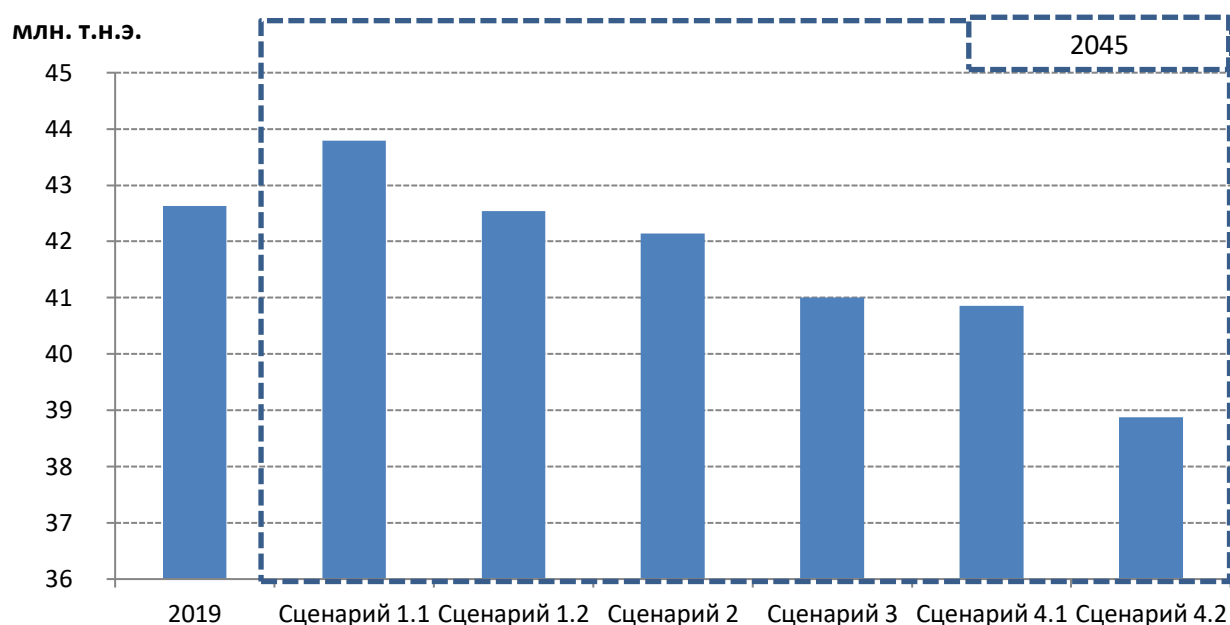


Рисунок 3.23 – Потребность в нефтепродуктах легкового автотранспорта в России в 2019 и 2045 году в сценариях 1.1 – 4.2, млн. т.н.э.³²

На рисунке 3.24 представлены вклады отдельных факторов, влияющих на потребность в нефтепродуктах со стороны легкового автотранспорта в России. Вклады отдельных факторов определялись следующим образом. Сначала рассчитывалась максимальная потенциальная потребность в нефтепродуктах к 2045 году, обусловленная ростом парка легковых автомобилей в предположении, что потребность в передвижении в силу цифровизации не снижается, энергоэффективность двигателей остается постоянной (такой же как в настоящее время), а электромобили и практики совместного использования не распространяются. Этот прирост составил 17 млн т. н. э., а максимальная потребность в нефтепродуктах в России к 2045 году оценивается на уровне 60 млн. т. н. э. Затем для оценки вклада цифровизации городов принимается гипотеза снижения потребности в парке (сценарий 1.2) в предположении, что энергоэффективность двигателей не повышается, а электромобили и практики совместного использования не

³² тонн нефтяного эквивалента

распространяются. Ее вклад в снижение потребности в нефтепродуктах оценивается в 1,8 млн. т. н. э. (3%³³ от максимальной потенциальной потребности, 4% от текущей потребности). Далее для оценки вклада повышения энергоэффективности предполагается ее постепенный рост (см. Таблицу 3.11) в предположении, что электромобили и практики совместного использования не распространяются. Вклад повышения энергоэффективности используемых двигателей в снижение потребности в нефтепродуктах оценивается в 12 млн. т. н. э. (21%³⁴ от максимальной потенциальной потребности, 27% от текущей потребности). Для оценки вклада распространения электромобилей, предполагается постепенное повышение их доли в продажах (см. Таблицу 3.11) в предположении, что практики совместного использования не распространяются. По сути, это расчет в рамках сценария 1.2. Вклад распространения электромобилей в снижение потребностей в нефтепродуктах оценивается в 3,2 млн. т. н. э. (5,4% от максимальной потенциальной потребности, 7% от текущей потребности).

³³ В процентном отношении эта величина равна уменьшению парка вследствие цифровизации городов в сценарии 1.2 по сравнению со сценарием 1.1, а потому одинакова для всех рассматриваемых стран

³⁴ Энергоэффективность возрастает на 21%, соответственно и потребность в нефтепродуктах вследствие этого снижается на 21%. В силу того, что гипотезы повышения энергоэффективности одинаковы для всех рассматриваемых стран, то и его вклад в снижение потребностей в нефтепродуктах одинаков

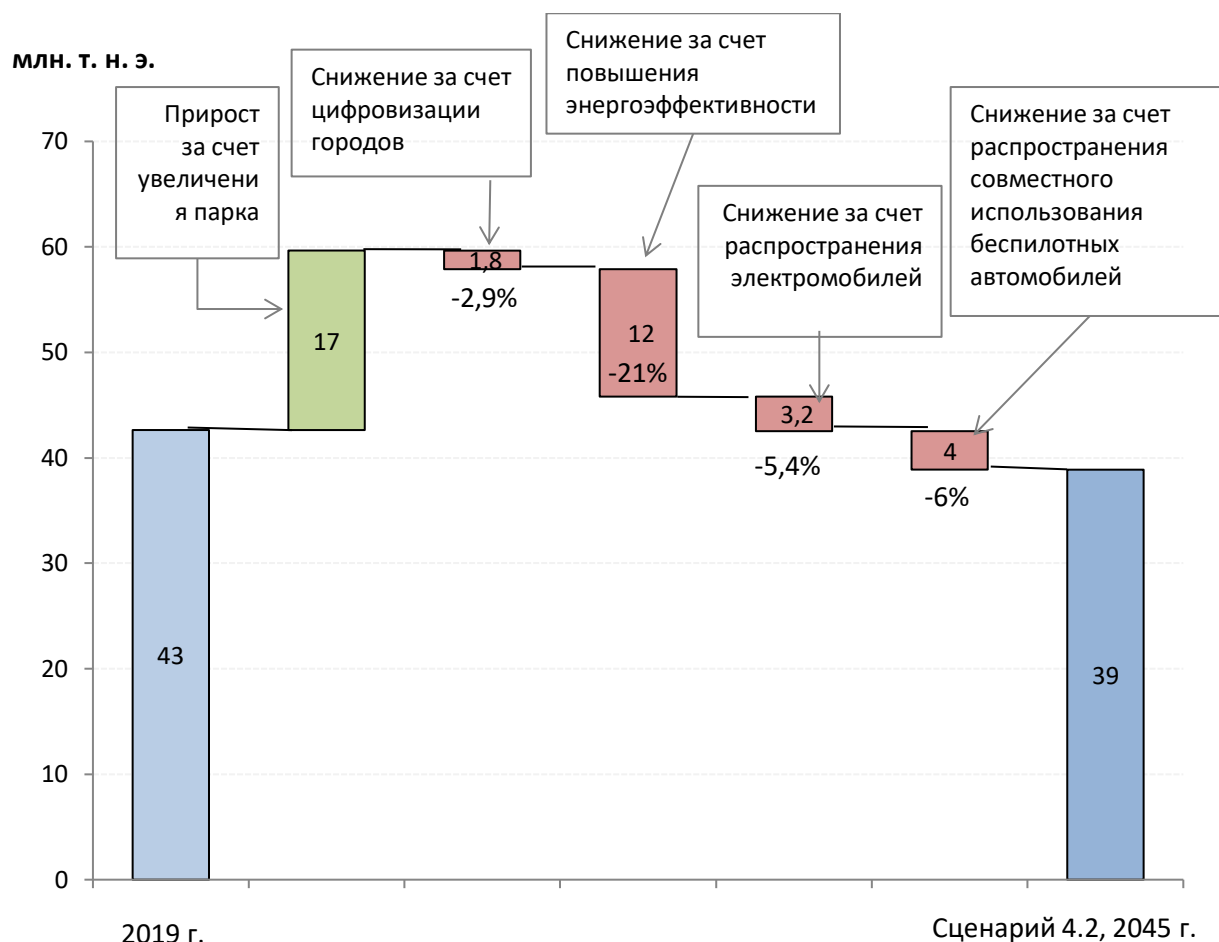


Рисунок 3.24 – Вклад отдельных факторов в динамику потребности в нефтепродуктах со стороны легкового автотранспорта в России в сценарии 4.2.

Приняв гипотезы распространения совместного использования беспилотных автомобилей (см. Таблицу 3.4), можно оценить вклад этого фактора в снижение потребности в нефтепродуктах со стороны легкового автотранспорта. Этот вклад определяется двумя факторами. Первый – более высокая доля электромобилей среди совместно используемых автомобилей, а потому и более высокая их доля в совокупном VMT (вклад этого фактора для России оценивается на уровне 1% от текущей потребности). Второй – повышенная энергоэффективность беспилотного совместно используемого транспорта по сравнению с традиционными автомобилями (вклад этого

фактора для России оценивается на уровне 5% от максимальной потребности и 7% от текущей потребности). Суммарно потенциал снижения, связанный с распространением беспилотных совместно используемых автомобилей, значим и сопоставим с влиянием традиционно рассматриваемых факторов: он составляет 4 млн. т. н. э. (6% от максимальной потенциальной потребности в 59 млн. т. н. э., 8% от текущей потребности). В рамках сценария 4.2 потребность в нефтепродуктах со стороны легкового автотранспорта к 2045 году составит 39 млн. т. н. э., то есть 65% от максимальной потенциальной потребности или 91% от потребности в настоящее время.

На внешних рынках ввиду повышения энергоэффективности двигателей и распространения электромобилей также ожидается меньший прирост потребностей в нефтепродуктах, чем прирост парка (Рисунок 3.25). Причем в сценариях, предполагающих массовое распространение практик совместного использования, расчеты показывают снижение этой потребности даже по сравнению с текущим уровнем: на 3% в сценарии 3, на 4% в сценарии 4.1 и на 18% в сценарии 4.2.

Наибольший спрос на нефтепродукты к 2045 году будет формироваться в странах, где ожидаются более существенный рост совокупного парка (Китай, США, Индия).

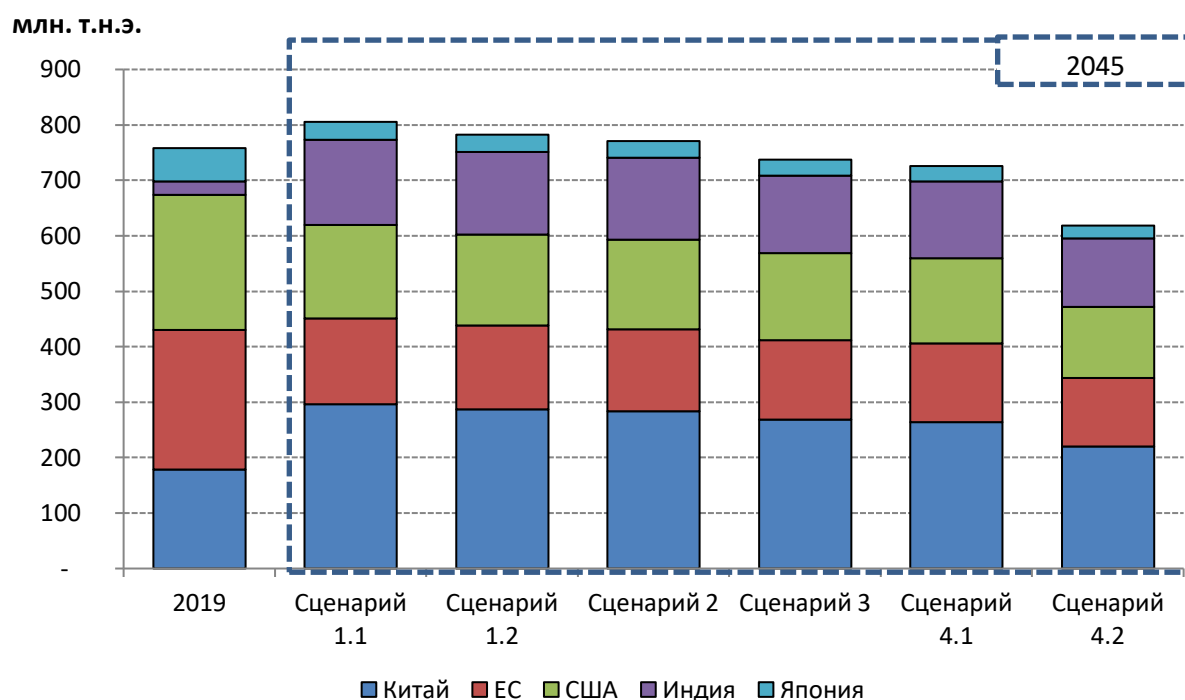


Рисунок 3.25 – Потребность в нефтепродуктах со стороны легкового автотранспорта в пяти крупнейших экономиках мира в 2019 и 2045 году в сценариях 1.1 – 4.2, млн. т.н.э.

На рисунке 3.26 представлены вклады отдельных факторов, влияющих на потребность в нефтепродуктах со стороны легкового автотранспорта в рассматриваемых странах. Потенциальный прирост потребности в нефтепродуктах, обусловленный приростом парка (особенно в развивающихся странах) к 2045 году составит 623 млн. т.н.э. Вклад цифровизации городов и повышения энергоэффективности в снижение этой потребности оценивается на уровне 44 и 280 млн. т. н. э. соответственно. Вклад распространения электромобилей ожидается около 276 млн. т. н. э. (20% от максимальной потенциальной потребности в нефтепродуктах в 2045 году, 36% от текущей потребности). Вклад в снижение потребностей в нефтепродуктах распространения беспилотных совместно используемых автомобилей оценивается в 164 млн. т. н. э. (12% от максимальной потенциальной потребности, 22% от текущей потребности). Из них 92 млн.т.н.э. (12% от текущей потребности) связаны с более высокой долей электромобилей среди

совместно используемых автомобилей, 72 млн.т.н.э. (10% от текущей потребности) связаны с повышенной энергоэффективностью беспилотного совместно используемого транспорта по сравнению с традиционными автомобилями.

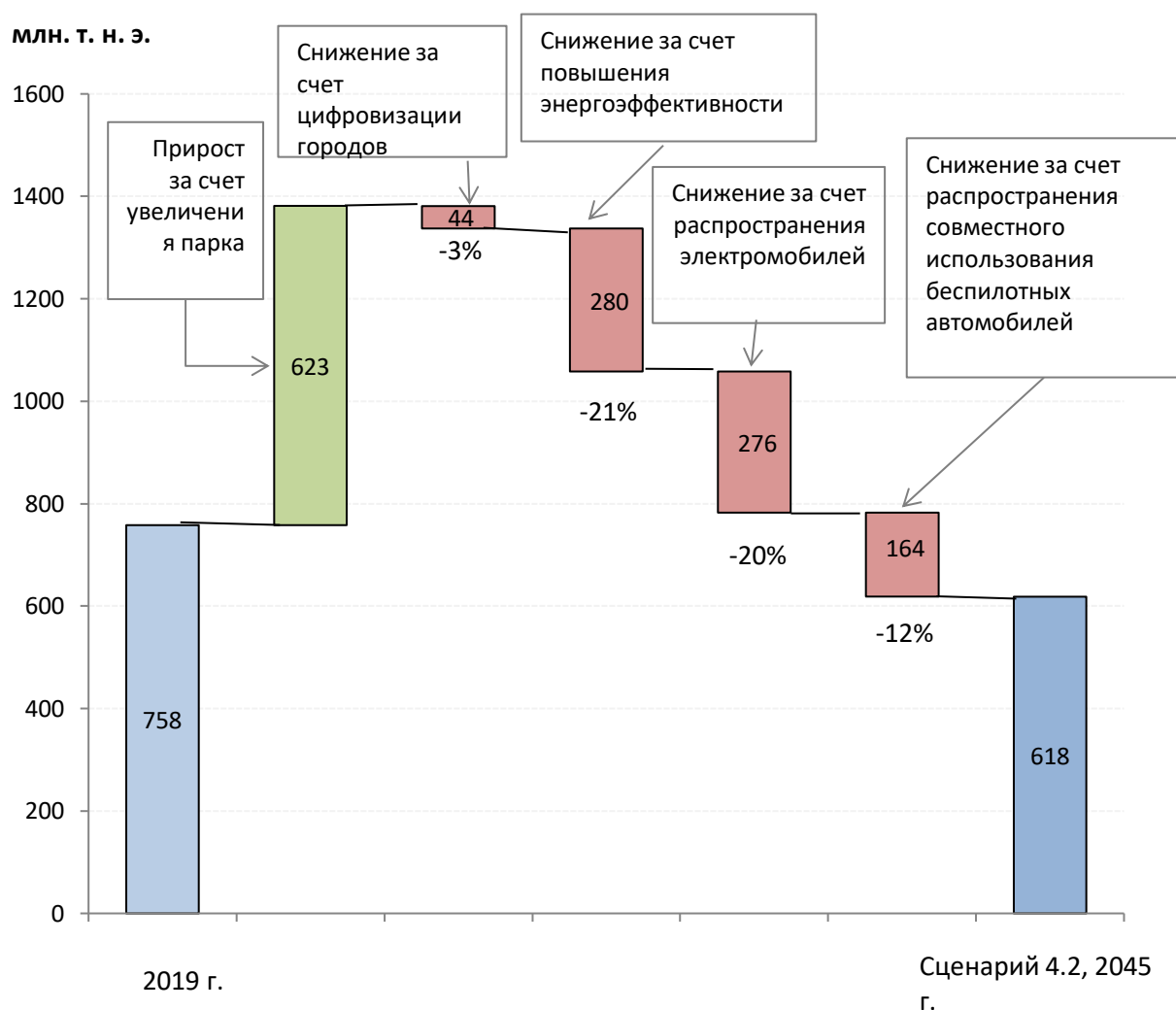


Рисунок 3.26 – Вклад отдельных факторов в динамику потребности в нефтепродуктах со стороны легкового автотранспорта в пяти крупнейших экономиках в сценарии 4.2.

Значение вклада факторов для развивающихся и развитых стран различно. В развитых странах (Рисунок 3.27 – 3.29) в силу того, что автомобилизация уже в настоящее время находится на высоком уровне, прирост общей потребности в нефтепродуктах за счет роста парка ожидается

незначительным (или даже может наблюдаться снижение (Рисунок 3.29)). Для Евросоюза (Рисунок 3.27) снижение из-за цифровизации, повышения энергоэффективности используемых двигателей и распространения электромобилей составляет 8, 56 и 60 млн. т. н. э. соответственно (3%, 20% и 22% от максимальной потенциальной потребности; 3%, 22% и 24% от текущей потребности).

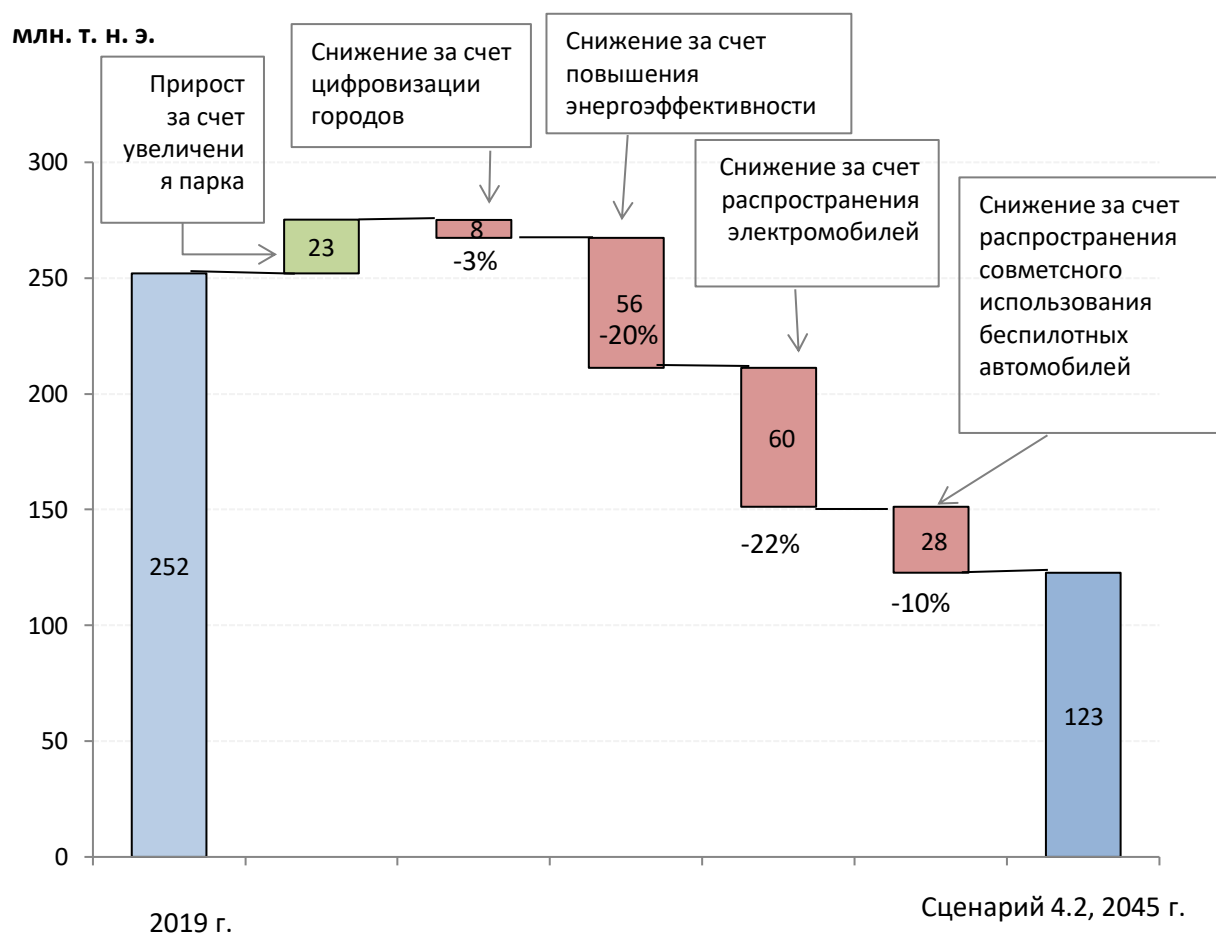
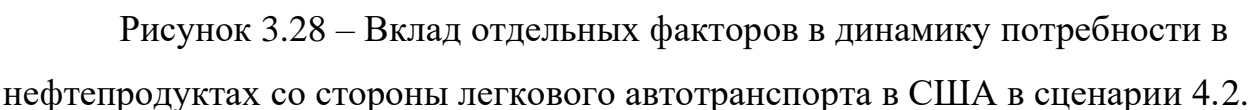


Рисунок 3.27 – Вклад отдельных факторов в динамику потребности в нефтепродуктах со стороны легкового автотранспорта в Евросоюзе в сценарии 4.2.

Вклад в снижение потребности в нефтепродуктах распространения беспилотных совместно используемых автомобилей оценивается в 28 млн. т. н. э. (10% от максимальной потенциальной потребности, 11% от текущей потребности). Из них 17 млн.т.н.э. (7% от текущей потребности) связаны с

В США (Рисунок 3.28) максимальная потенциальная потребность в нефтепродуктах со стороны легкового автотранспорта оценивается в 294 млн. т. н. э. Вклад в ее снижение цифровизации городов составляет 9 млн. т. н. э., повышения энергоэффективности составляет 60 млн. т. н. э., распространения электромобилей 61 млн. т. н. э..



Вклад совместного использования беспилотных автомобилей оценивается в 36 млн. т. н. э. (12% от максимальной потребности в нефтепродуктах к 2045 году, 15% от текущей потребности). Из них 24 млн.т.н.э. (10% от текущей потребности) связаны с более высокой долей электромобилей среди совместно используемых автомобилей, 12 млн.т.н.э. (5% от текущей потребности) связаны с повышенной энергоэффективностью беспилотного совместно используемого транспорта по сравнению с традиционными автомобилями. Потребность в нефтепродуктах в 2045 году в сценарии 4.2 оценивается в 128 млн. т. н. э. (почти в два раза меньше, чем в настоящее время).

В Японии (Рисунок 3.29), в которой к 2045 году прогнозируется снижение парка по сравнению с текущим уровнем вследствие снижения численности населения, максимальная потенциальная потребность в нефтепродуктах со стороны легкового автотранспорта приходится на 2019 год и оценивается в 60 млн. т. н. э. Вклад в ее снижение цифровизации городов составляет 3% (2 млн. т. н. э.), повышения энергоэффективности - 19% (11 млн. т. н. э.), распространения электромобилей – 19% (12 млн. т. н. э.). Вклад совместного использования беспилотных автомобилей оценивается в 8 млн. т. н. э. (12% от текущей потребности). Из них 5 млн.т.н.э. (9% от текущей потребности) связаны с более высокой долей электромобилей среди совместно используемых автомобилей, 3 млн.т.н.э. (4% от текущей потребности) связаны с повышенной энергоэффективностью беспилотного совместно используемого транспорта по сравнению с традиционными автомобилями. Потребность в нефтепродуктах в 2045 году в сценарии 4.2 оценивается в 23 млн. т. н. э. (более чем в два раза меньше, чем в настоящее время).

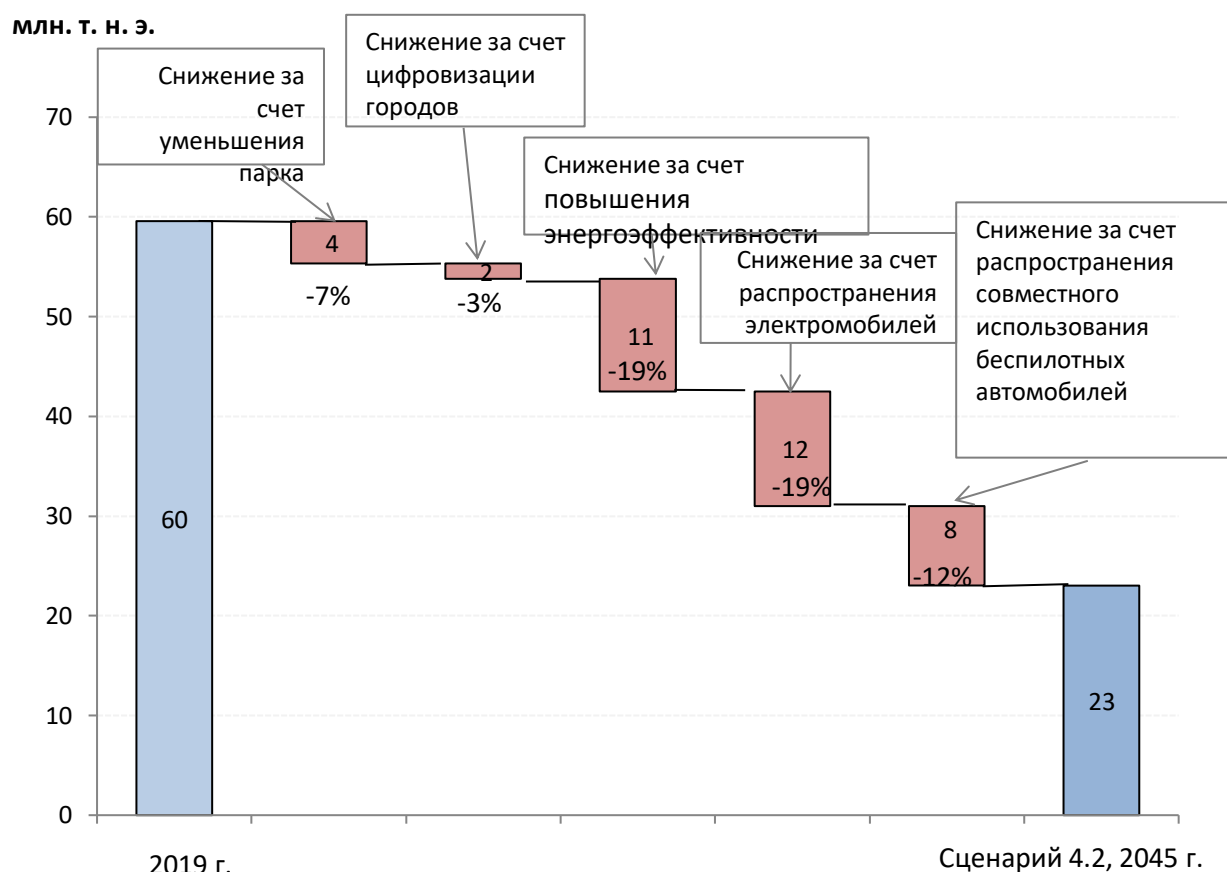


Рисунок 3.29 – Вклад отдельных факторов в динамику потребности в нефтепродуктах со стороны легкового автотранспорта в Японии в сценарии 4.2.

В развивающихся странах в силу того, что автомобилизация в настоящее время находится на низком уровне³⁵ возможен значительный прирост потребности в транспортных услугах со стороны легковых автомобилей. В частности, в Китае этот фактор увеличивает максимальную потенциальную потребность в нефтепродуктах к 2045 году по сравнению с 2019 на 334 млн. т. н. э. (Рисунок 3.30). Снижение за счет цифровизации городов, повышения энергоэффективности двигателей и распространения электромобилей ожидается на уровне 16, 104 и 105 млн. т. н. э. соответственно (то есть на 3%,

³⁵ В частности в Китае на 1000 человек в 2017 году приходилось 133 легковых автомобилей, в то время как в развитых странах этот показатель колеблется от 400 до 780.

20% и 20% от максимальной потенциальной потребности в нефтепродуктах к 2045 году, 9%, 58%, 59% от текущей потребности).

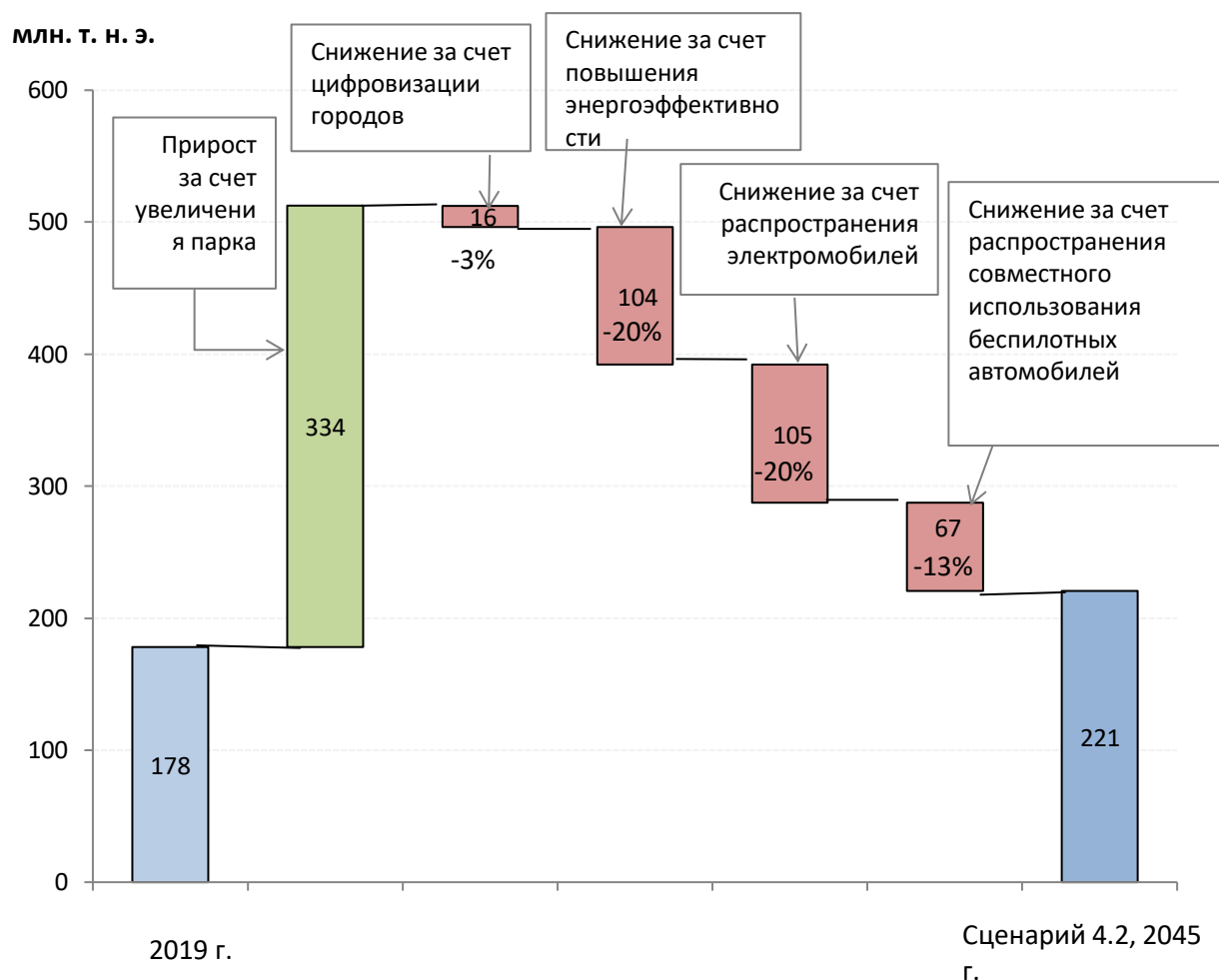


Рисунок 3.30 – Вклад отдельных факторов в динамику потребности в нефтепродуктах со стороны легкового автотранспорта в Китае в сценарии 4.2.

Вклад в снижение потребности в нефтепродуктах распространения беспилотных совместно используемых автомобилей оценивается в 67 млн. т. н. э. (13% от максимальной потенциальной потребности, 37% от текущей потребности). Из них 38 млн.т.н.э. (21% от текущей потребности) связаны с более высокой долей электромобилей среди совместно используемых автомобилей, 28 млн.т.н.э. (16% от текущей потребности) связаны с повышенной энергоэффективностью беспилотного совместно используемого транспорта по сравнению с традиционными автомобилями. В итоге, в Китае в

сценарии 4.2 в 2045 году по сравнению с 2019 годом ожидается прирост потребности в нефтепродуктах почти на 24%: до 221 млн. т. н. э.

В Индии (Рисунок 3.31) также ожидается существенный прирост потенциальной потребности в нефтепродуктах в силу кратного роста парка легковых автомобилей. Снижение за счет цифровизации городов, повышения энергоэффективности двигателей и распространения электромобилей ожидается на уровне 9, 49 и 37 млн. т. н. э. соответственно (то есть на 3%, 21% и 15% от максимальной потенциальной потребности в нефтепродуктах к 2045 году). Вклад в снижение потребности в нефтепродуктах распространения беспилотных совместно используемых автомобилей оценивается в 25 млн. т. н. э. (11% от максимальной потенциальной потребности, примерно столько же сколько потребляется в настоящее время). Из них 8 млн.т.н.э. (3% от максимальной потенциальной потребности) связаны с более высокой долей электромобилей среди совместно используемых автомобилей, 17 млн.т.н.э. (7% от максимальной потенциальной потребности) связаны с повышенной энергоэффективностью беспилотного совместно используемого транспорта по сравнению с традиционными автомобилями. В итоге, в Индии в сценарии 4.2 в 2045 году по сравнению с 2019 годом ожидается прирост потребности в нефтепродуктах более чем в пять раз до 124 млн. т. н. э.

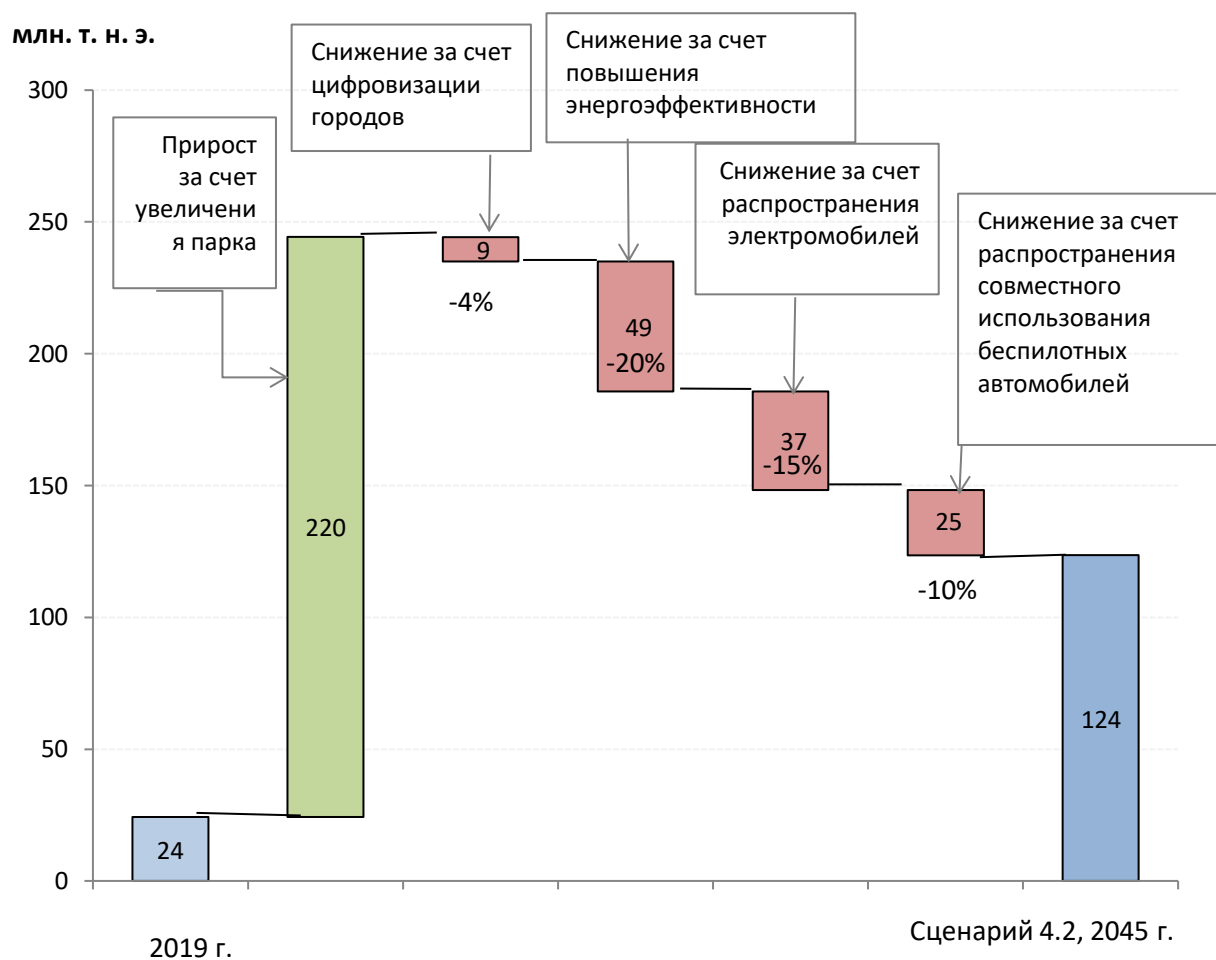


Рисунок 3.31 – Вклад отдельных факторов в динамику потребности в нефтепродуктах со стороны легкового автотранспорта в Индии в сценарии 4.2.

Потребление электроэнергии электромобилями, как показывают расчеты (Рисунки 3.32, 3.33), напротив будет расти во всех сценариях как в России, так и зарубежом. В России оно может составить чуть более 12 млрд кВт*ч во всех сценариях.

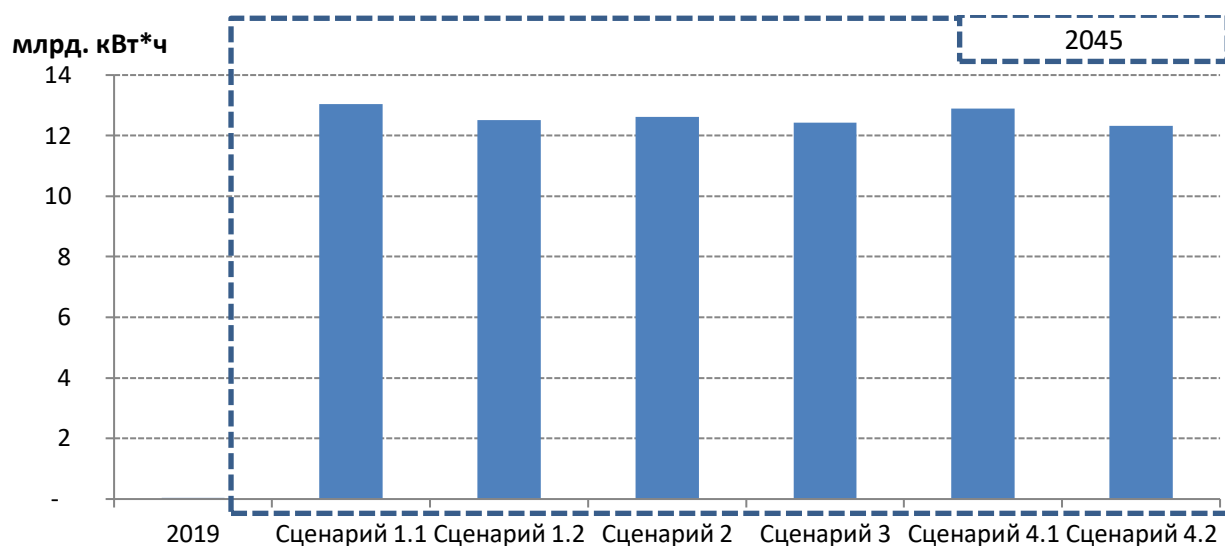


Рисунок 3.32 – Потребность в электроэнергии со стороны легкового автотранспорта в России в 2019 и 2045 годах в сценариях 1.1 – 4.2, млрд кВт*ч.

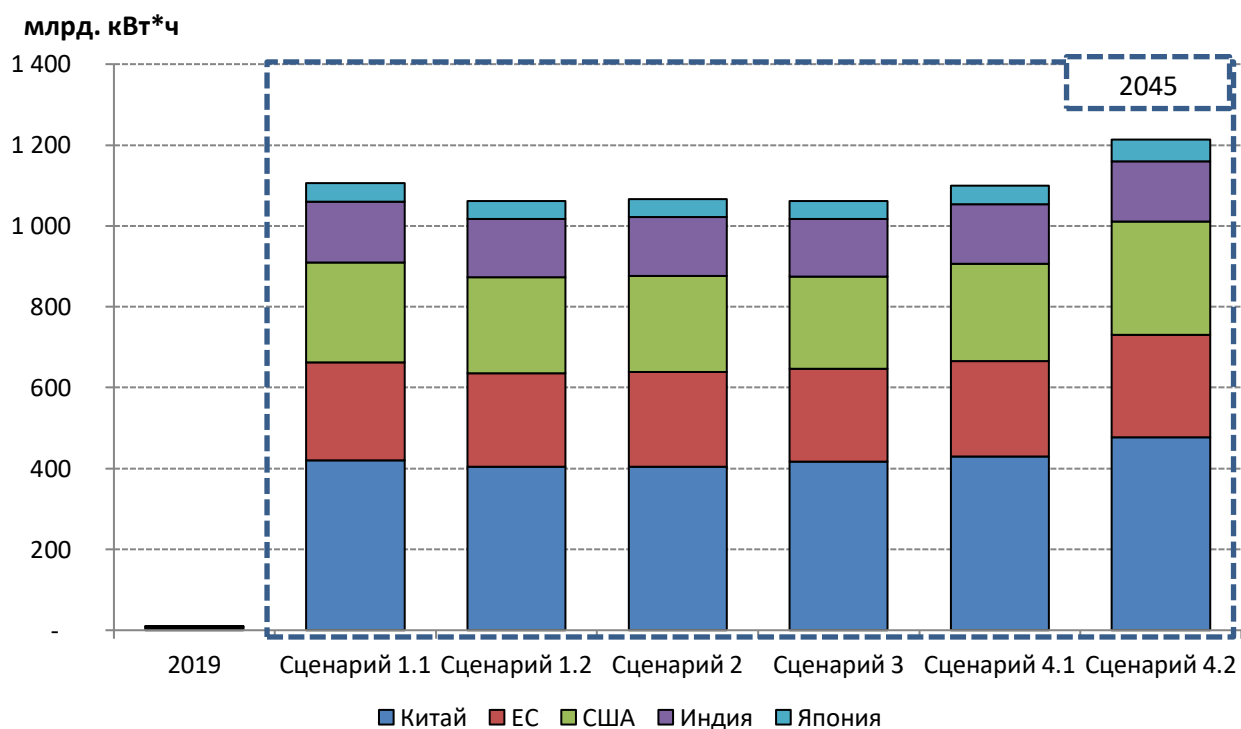


Рисунок 3.33 – Потребность в электроэнергии со стороны легкового автотранспорта в пяти крупнейших экономиках мира в 2019 и 2045 году в сценариях 1.1 – 4.2, млрд. кВт*ч.

Если в настоящее время в пяти рассматриваемых странах потребление электроэнергии легковым автотранспортом составляет менее 18 млрд. кВт*ч., то во всех сценариях оно может превысить 1000 млрд. кВт*ч.; в сценарии 4.2 – 1200 млрд. кВт*ч. Основной рост потребностей придется на Китай и США.

Совокупные потребности в энергоресурсах в России к 2045 году будут формироваться в основном за счет нефтепродуктов (Рисунок 3.34), однако за счет повышения энергоэффективности этот прирост незначителен в сценариях 1.1 – 2, а в остальных сценариях за счет распространения совместного использования ожидается снижение потребностей по сравнению с 2019 годом (Рисунок 3.35).

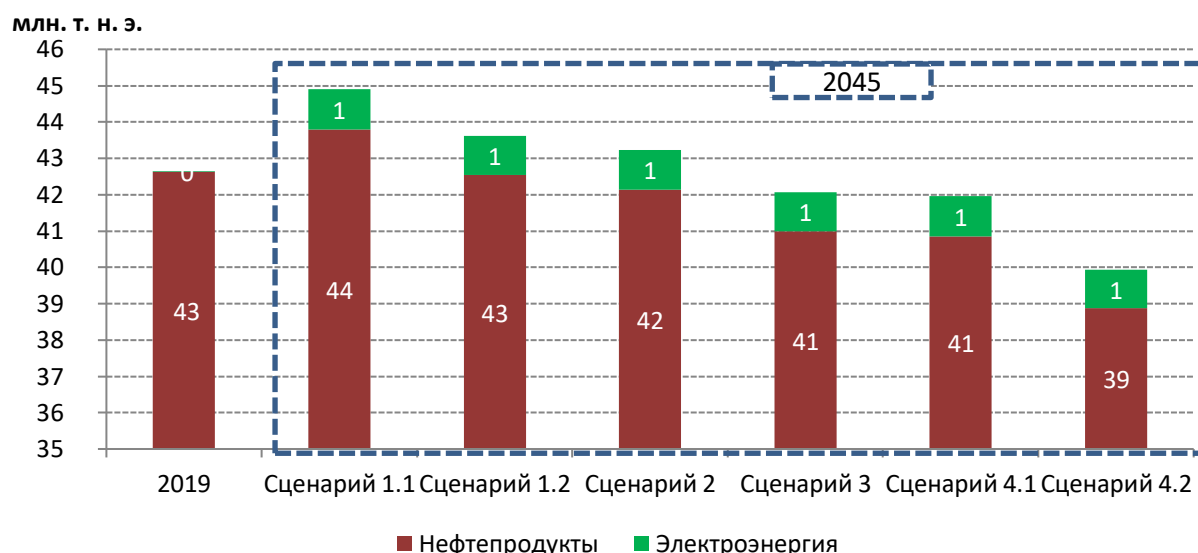


Рисунок 3.34 – Потребность в энергоресурсах (нефтепродукты и электроэнергия) со стороны легкового автотранспорта в России в 2019 и 2045 году в сценариях 1.1 – 4.2, млн. т.н.э.

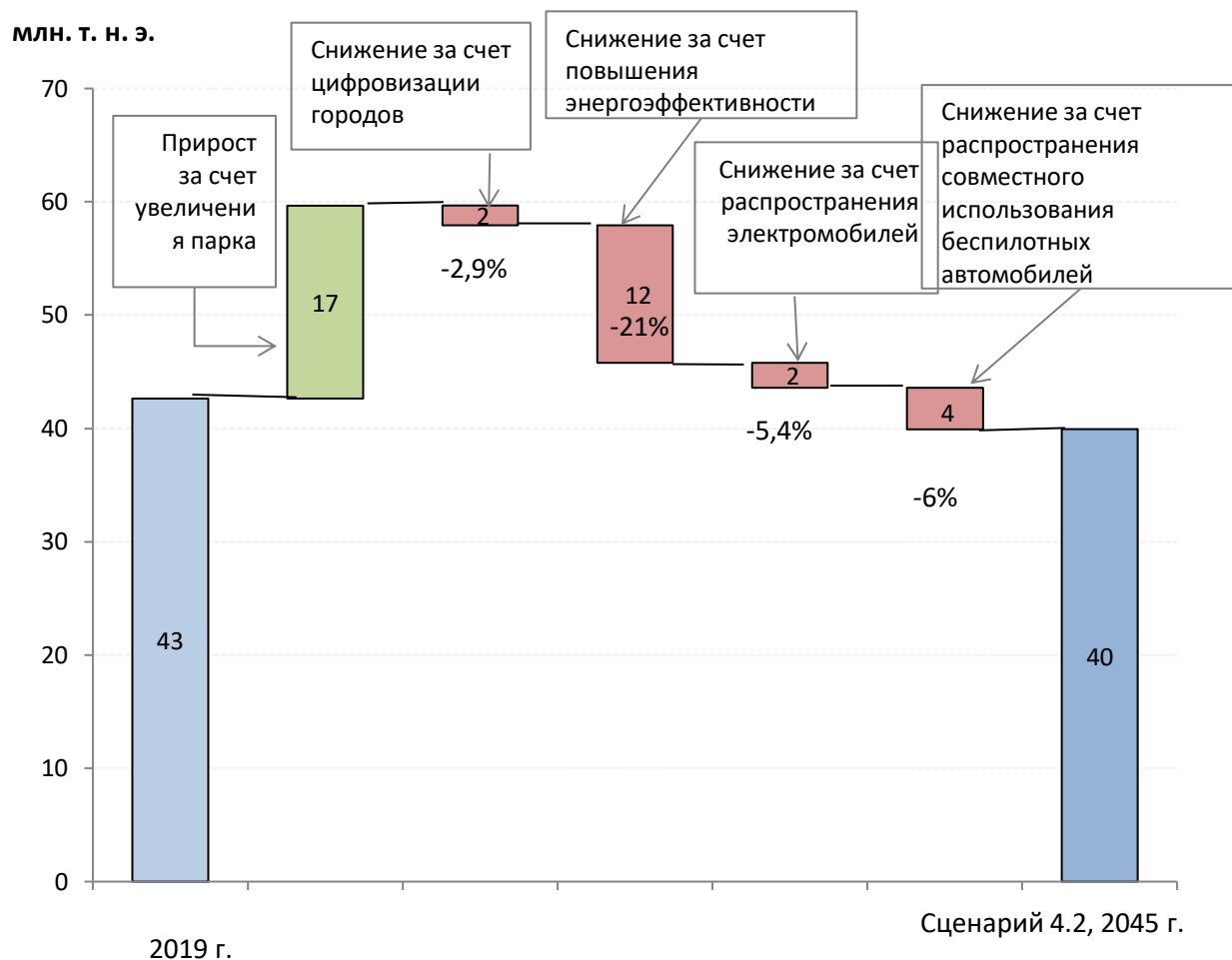


Рисунок 3.35 – Вклад отдельных факторов в динамику потребности в энергоресурсах со стороны легкового автотранспорта в России в сценарии 4.2.

Совокупные потребности в энергоресурсах в рассматриваемых странах к 2045 году оцениваются выше, чем в настоящее время однако их прирост в сценариях, предполагающих совместное использование беспилотных автомобилей, ожидается незначительным (Рисунок 3.36).

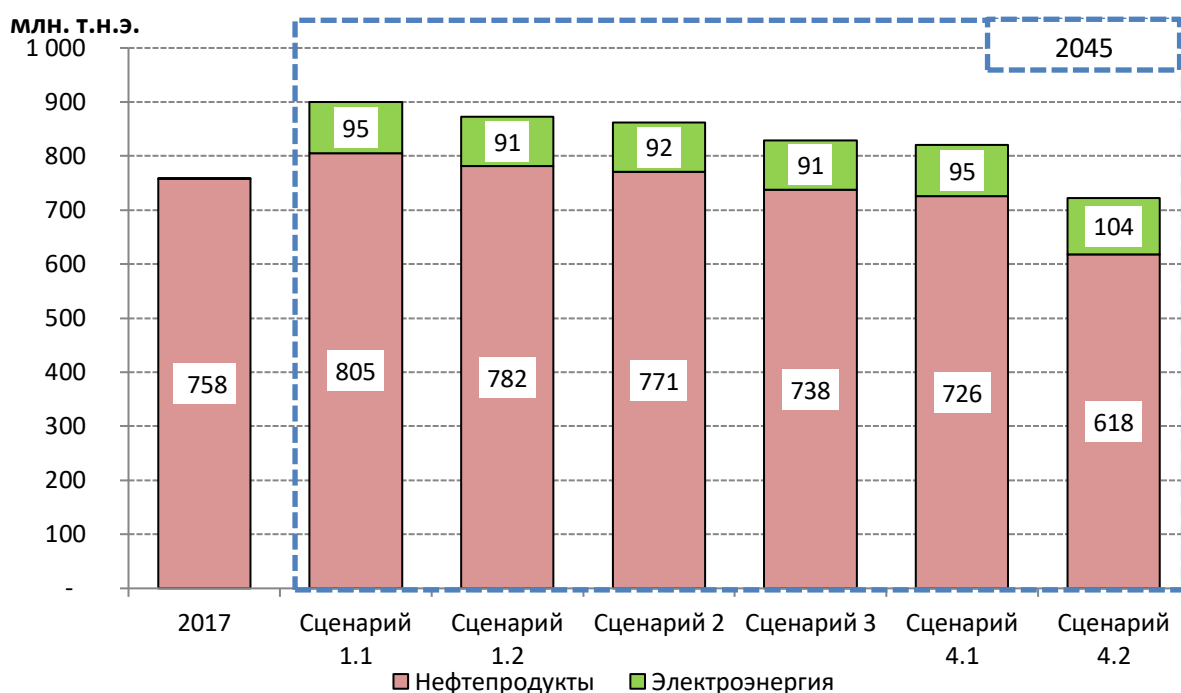


Рисунок 3.36 – Потребность в энергоресурсах (нефтепродукты и электроэнергия) со стороны легкового автотранспорта в пяти крупнейших экономиках мира в 2019 и 2045 году в сценариях 1.1 – 4.2, млн. т.н.э.

В принятых гипотезах удельного потребления топлива (Таблица 3.11) и распространения электромобилей (Таблица 3.1) основной вклад в снижение потребностей в энергоресурсах вносит повышение энергоэффективности. Однако более высокое распространение электромобилей среди совместно используемых автомобилей и их относительная эффективность (Таблица 3.11) определяют то, что вклад этого фактора значим и сопоставим по масштабу с вкладом остальных факторов (11% от максимальной потребности в энергоресурсах, 20% от текущей потребности или 150 млн. т.н.э. (Рисунок 3.37)). Из них 85 млн.т.н.э. (6% от максимальной потребности в энергоресурсах, 11% от текущей потребности) связаны с более высокой долей электромобилей среди совместно используемых автомобилей, 65 млн.т.н.э. (5% от максимальной потребности в энергоресурсах, 9% от текущей потребности) связаны с повышенной энергоэффективностью беспилотного

совместно используемого транспорта по сравнению с традиционными автомобилями.

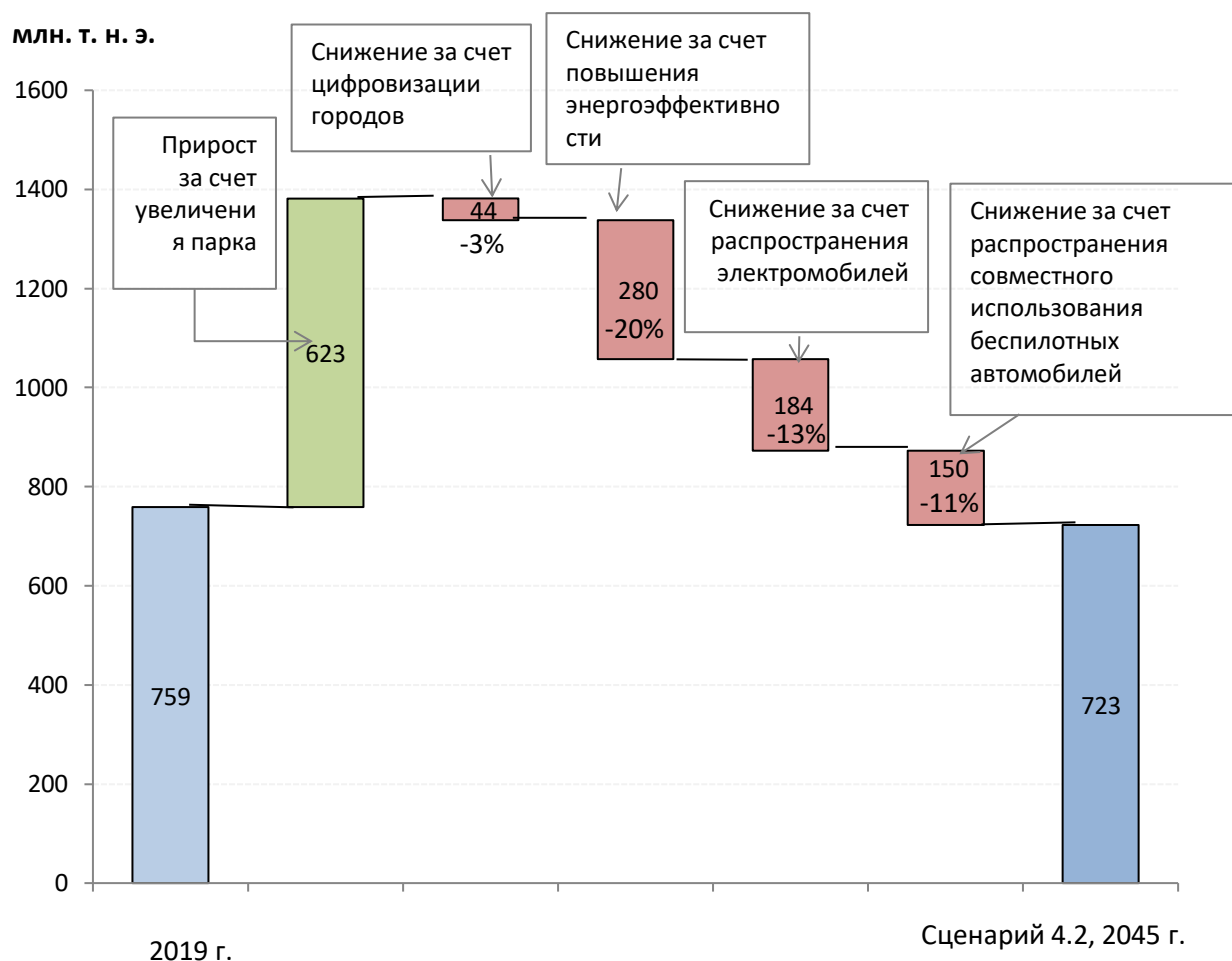


Рисунок 3.37 – Вклад отдельных факторов в динамику потребности в энергоресурсах со стороны легкового автотранспорта в пяти крупнейших экономиках мира в сценарии 4.2.

В сравнении с прогнозами потребностей в энергоресурсах со стороны легкового автотранспорта других исследователей оценки, полученные в сценариях 3 – 4.2, различаются не особенностями динамики, а итоговым уровнем. Большинство исследований перспективного спроса на нефтепродукты со стороны автомобильного транспорта демонстрируют возможность снижения потребления с уже достигнутых значений или же его роста, достижения пика и последующего снижения. Это обусловлено

предполагаемым повышением эффективности использования топлив и повышением доли автомобилей с двигателями на альтернативных источниках энергии (в частности электромобилей). Различия в оценках спроса на нефть и нефтепродукты в разных исследованиях объясняются различиями в исходных гипотезах (относительно распространения автомобилей на альтернативных видах топлива и повышения эффективности). В частности, ОПЕК к 2040 году оценивает потенциал снижения спроса на нефть на уровне 30% от значений 2016 года в странах ЕС и США и прогнозирует рост в развивающихся странах (в Китае на 55%) [193]. CNPC прогнозирует прохождение пика потребления нефти в Китае в 2027 году и постепенное снижение потребления в долгосрочной перспективе [197]. Эдер и Немов к 2040 году прогнозируют снижение потребления нефтепродуктов легковым автотранспортом в Европе на 33% [11]. Как уже отмечалось вклад новых факторов (совместное использование беспилотных автомобилей) может оказаться сопоставимым с вкладом традиционно рассматриваемых факторов (распространение электромобилей и повышение энергоэффективности), поэтому оценки потребностей в нефтепродуктах, полученные в сценариях 3 – 4.2 могут быть ниже представленных в других исследованиях.

Исследования, включающие совместное использование в рассмотрение, также оценивают его потенциальное влияние на потребности в нефтепродуктах. Компания BP оценивает потенциал снижения мирового потребления нефтепродуктов за счет уменьшения удельного потребления топлива довольно высоко (44% от максимальной потенциальной потребности), вклад распространения электромобилей оценивается на уровне 5% (Рисунок 3.38). Вклад совместного использования (драйвером которого также рассматриваются беспилотные автомобили) в этом исследовании определяется тем, что оно может повысить долю электромобилей в совокупном VMT, и оценивается как снижение в 100 млн. т.н.э. к 2040 году в мире, что согласуется с оценками в сценариях 3 – 4.2.: к 2040 году в пяти крупнейших экономиках в

сценарии 3 вклад совместного использования составляет 90 млн. т.н.э., в сценарии 4.1. – 94 млн. т.н.э., в сценарии 4.2 – 117 млн. т.н.э.

В докладе ОПЕС [193] приводятся оценки влияния совместного использования и изменения в потребностях в передвижении (вместе), выражаемое в снижении VMT. Это влияние оценивается в 75 млн. т.н.э. выпадающего спроса на нефтепродукты в странах OECD и 164 млн. т.н.э. выпадающего спроса на нефтепродукты в развивающихся странах к 2040 году. Стоит отметить, что эти оценки не вполне сопоставимы с результатами данной работы в силу того, что они касаются всего дорожного транспорта (то есть включают пассажирские и грузовые перевозки всеми видами автомобилей, общественного дорожного транспорта и мотоциклов).

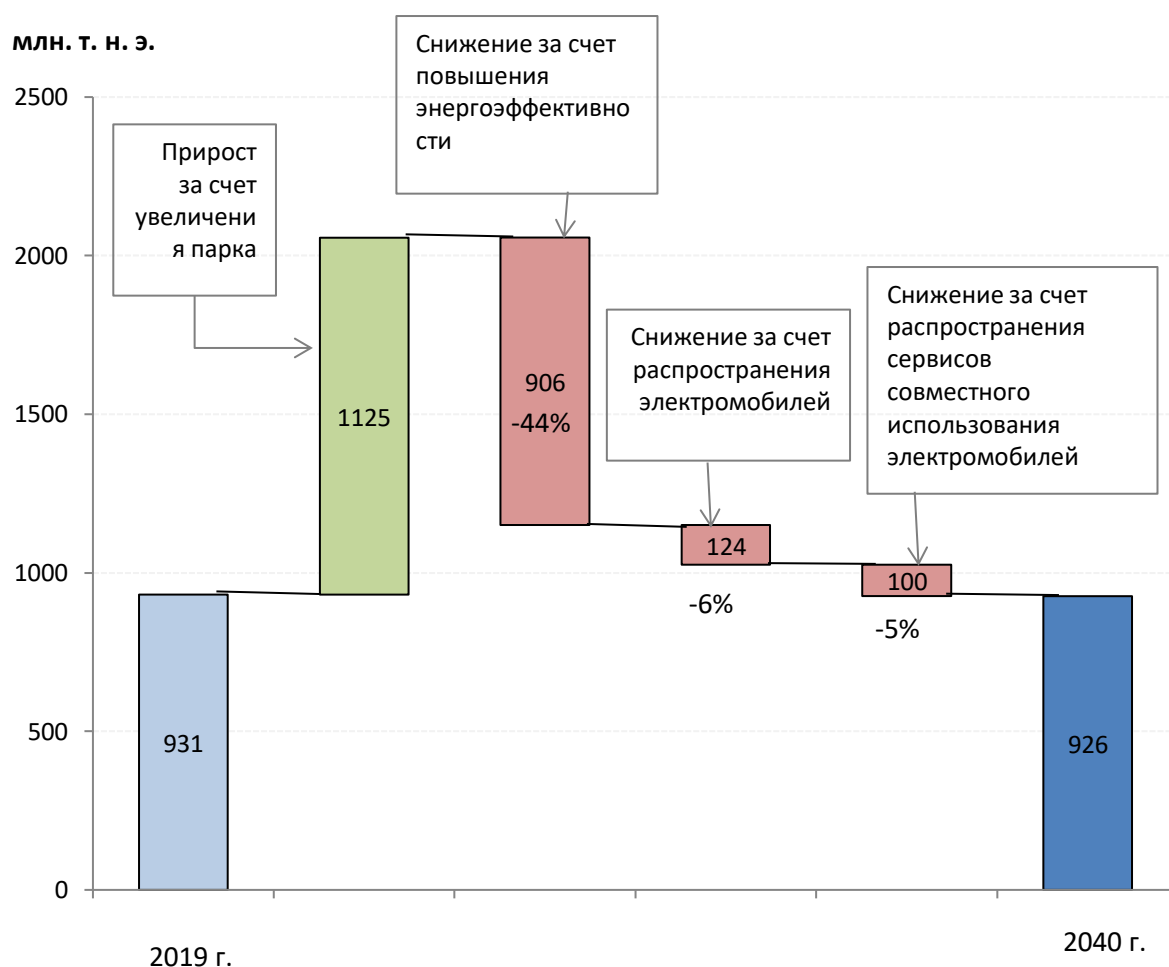


Рисунок 3.38 – Вклад отдельных факторов в динамику потребности в нефтепродуктах со стороны легкового автотранспорта в мире (оценкам по данным компании BP [3])

В докладе RethinkX [80] снижение потребностей в нефтепродуктах из-за формирования новой системы организации транспорта, основанной на совместном использовании беспилотного транспорта, оценивается радикально выше. К 2030 году авторы ожидают снижение потребления нефтепродуктов легковым автотранспортом в США до значений меньше 50 млн. т. н. э. Стоит отметить, что развитие событий, описываемых в докладе RethinkX, сложно оценить как высоковероятное. Основная гипотеза авторов состоит в том, что из-за распространения беспилотных автомобилей радикально снизится стоимость поездки на беспилотном автомобиле, что в свою очередь будет приводить к снижению личного владения автомобилями и росту парка совместного использования. Однако более естественным в случае столь такого снижения стоимости поездок на беспилотных автомобилях ожидать вытеснения новыми формами извоза традиционного общественного транспорта. Это как кратно повысит VMT легкового автотранспорта, так и увеличит потребление нефтепродуктов на нем.

В докладе ИНП РАН «Трансформация структуры экономики: механизмы и управление» [2] при анализе потенциального спроса на нефтепродукты также рассматривается сценарий распространения организации транспорта «мобильность как услуга» в городах, основанной на совместном использовании легковых автомобилей. При этом принимается гипотеза, что все совместно используемые автомобили оснащены электродвигателем и к 2045 году их мировой парк составит 185 млн. шт. В этом случае в мировом масштабе выпадающий спрос на нефтепродукты, связанный с распространением совместного использования, составит около 650 млн. т.н.э. в год. Этот результат существенно радикальней оценок данного исследования, что объясняется как разными методиками расчета, так и

разными гипотезами электрификации совместно используемого парка (в данном исследовании они совпадают с гипотезами электрификации традиционных автомобилей). Если же принять гипотезу, что все совместно используемые беспилотные автомобили оснащены электродвигателями, то в сценарии 4.2 выпадающий спрос на нефтепродукты в пяти странах оценивается в 450 млн. т.н.э., что сопоставимо по масштабу с оценками в докладе ИНП РАН.

В то же время ввиду того, что в других исследованиях также предполагается масштабное распространение электромобилей, они прогнозируют увеличение потребления электроэнергии на легковом автотранспорте [11, 197, 198]. Однако прирост потребления электроэнергии, получаемый как в рамках проведенных нами прогнозных расчетов, так и в прогнозах других исследователей, не является критическим (Таблица 3.12).

Таблица 3.12 – Доля потребления электроэнергии легковым автотранспортом в сценариях 1.1 и 4.2 в общем объеме потребления электроэнергии, прогнозируемым в других исследованиях

Страна	Год	Общий объем потребления ЭЭ, млрд. кВт*ч	Спрос на ЭЭ со стороны легкового автотранспорта в сценарии 1.1 данного исследования, млрд. кВт*ч	Доля потребления ЭЭ легковым автотранспортом в сценарии 1.1 в общем объеме потребления ЭЭ	Спрос на ЭЭ со стороны легкового автотранспорта в сценарии 4.2 данного исследования, млрд. кВт*ч	Доля потребления ЭЭ легковым автотранспортом в сценарии 4.2 в общем объеме потребления ЭЭ
США	2040	4882 - 5396 [МЭА]	279	5 - 6%	175	3 - 4%
ЕС	2040	3314 – 3827 [МЭА]	261	7– 8%	160	4 - 5%
Япония	2040	864 – 1130 [МЭА]	49	4 – 6%	35	3 – 4%

Китай	2040	8851 – 11484 [МЭА]	650	6 – 7% он	347	3 - 4%
Китай	2045	~10000 [CNPC]	858	~9%	477	~5%
Индия	2040	3438 – 3827 [МЭА]	238	5 – 7%	78	~2%

3.4. Анализ возможных последствий для нефтяной отрасли снижения спроса на нефтепродукты со стороны легковых автомобилей.

В абсолютном выражении выпадающий спрос на нефтепродукты со стороны легкового автотранспорта в сценарии 4.2 в России оценивается на уровне 5 млн.т.н.э. по сравнению с базовым сценарием и на 4 млн.т.н.э. по сравнению с настоящим временем. Это означает, что в этом сценарии внутренний рынок в секторе легкового автотранспорта не сможет компенсировать сокращение спроса на российские нефть и нефтепродукты на внешних рынках.

В совокупном потреблении нефтепродуктов в России снижение этого потребления по сравнению с базовым сценарием, обусловленное совместным использованием, оценивается на уровне 2% (снижение на 5 млн. т.н.э. при общей потребности около 200³⁶ млн. т.н.э. (Рисунок 3.39)).

³⁶ Оценка остальных секторов – ИНП РАН

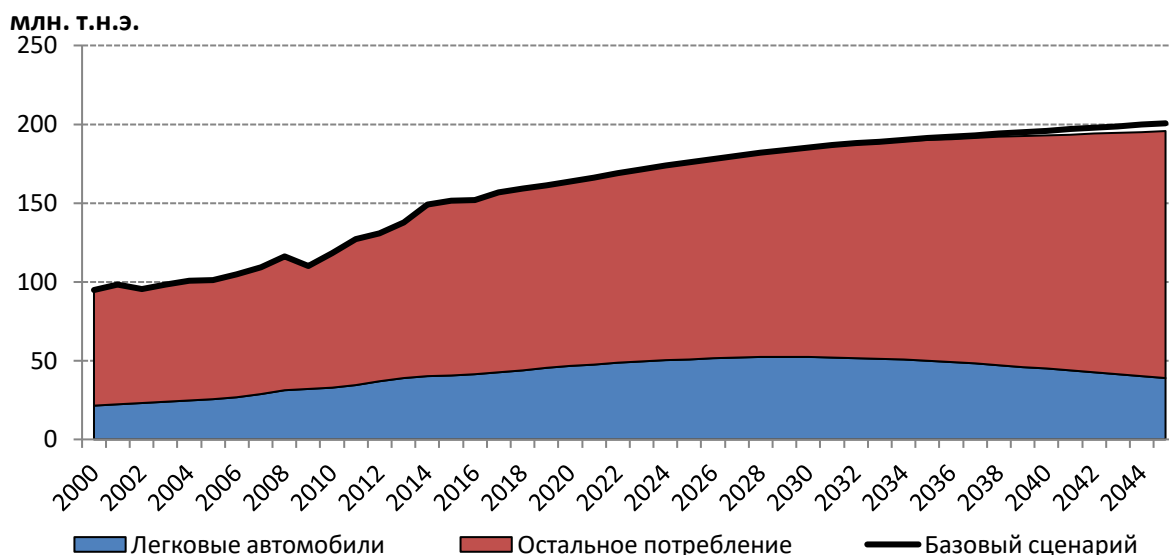


Рисунок 3.39 – Совокупная потребность в нефтепродуктах в России в сценарии 4.2, млн. т.н.э.

Как отмечалось в разделе 1.1. в настоящее время основным импортером российских нефти и нефтепродуктов является ЕС. К 2045 году выпадение спроса на моторное топливо в нем в сценарии 4.2., связанное с совместным использованием, по сравнению с базовым сценарием по нашим оценкам составляет 32 млн.т.н.э. и по сравнению с текущим уровнем -129 млн.т.н.э. Совокупное потребление в ЕС в сценарии 4.2 на 7 % меньше, чем в сценарии 1.1. (на 32 млн.т.н.э. при совокупном потреблении около 460³⁷ млн.т.н.э. (Рисунок 3.40)).

³⁷ Оценка остальных секторов – ИНП РАН

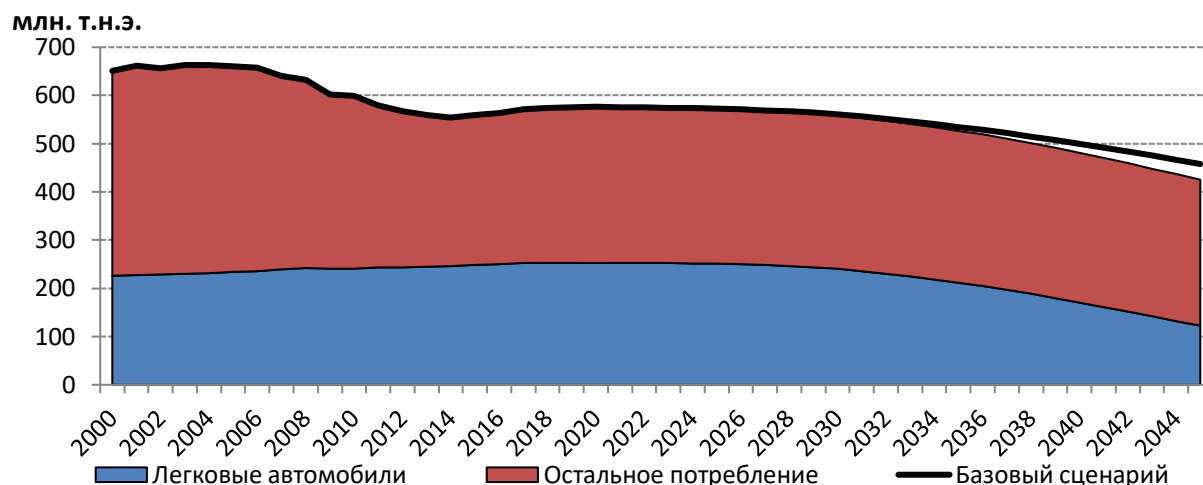


Рисунок 3.40 – Совокупная потребность в нефтепродуктах в ЕС в сценарии 4.2, млн. т.н.э.

Также значимым в настоящее время импортером российских нефти и нефтепродуктов является Китай. К 2045 году выпадение спроса на моторное топливо в Китае в сценарии 4.2., связанное с совместным использованием, по сравнению с базовым сценарием по нашим оценкам составляет 75 млн.т.н.э., по сравнению с текущим уровнем, однако потребность в моторном топливе все же вырастет на 43 млн.т.н.э. Совокупное потребление в сценарии 4.2 на 8 % меньше, чем в сценарии 1.1. (на 75 млн.т.н.э. при совокупном потреблении чуть менее 1000³⁸ млн.т.н.э. (Рисунок 3.41)).

³⁸ Оценка остальных секторов – ИНП РАН

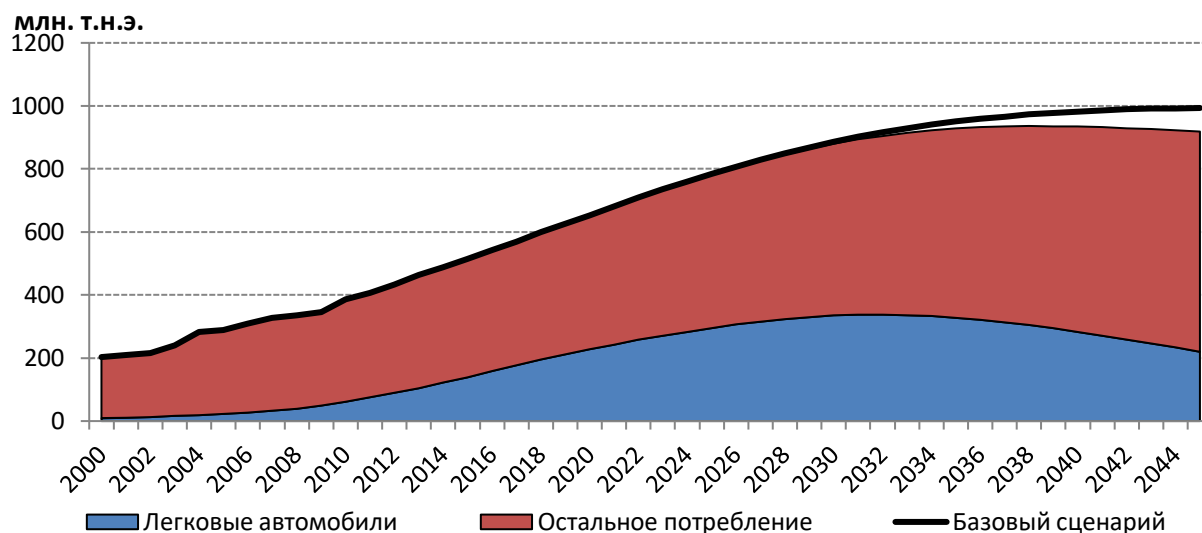


Рисунок 3.41 – Совокупная потребность в нефтепродуктах в Китае в сценарии 4.2, млн. т.н.э.

Еще один импортер российских нефти и нефтепродуктов – Япония. К 2045 году выпадение спроса на моторное топливо в ней в сценарии 4.2, связанное с совместным использованием, по сравнению с базовым сценарием по нашим оценкам составляет 9 млн.т.н.э., по сравнению с текущим уровнем - 37 млн.т.н.э. Совокупное потребление в сценарии 4.2 на 7 % меньше, чем в сценарии 1.1. (на 9 млн.т.н.э. при совокупном потреблении около 133³⁹ млн.т.н.э. (Рисунок 3.42)).

³⁹ Оценка остальных секторов – ИНП РАН

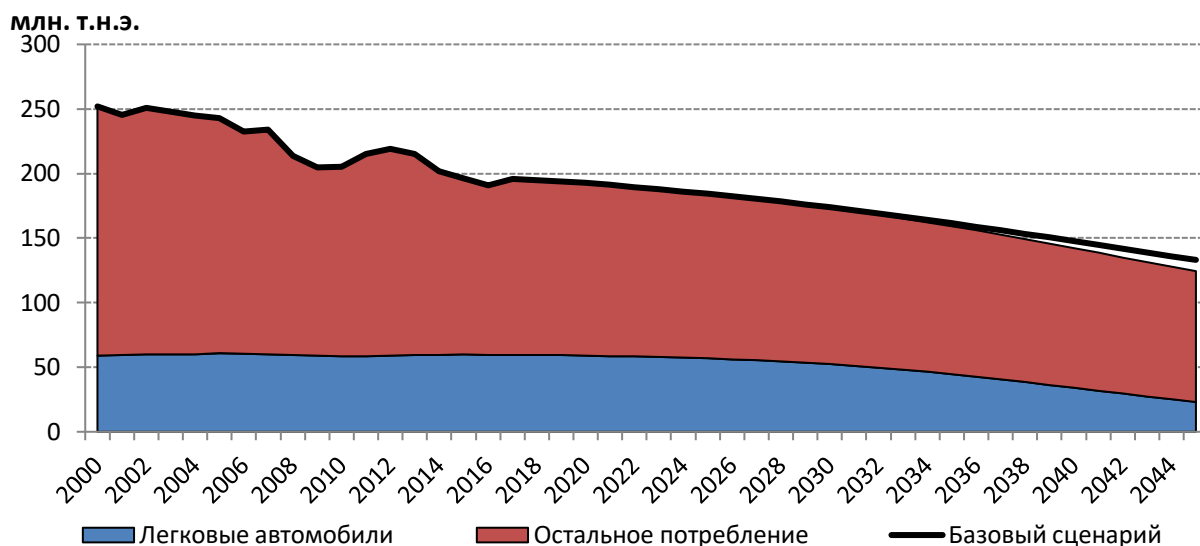


Рисунок 3.42 – Совокупная потребность в нефтепродуктах в Японии в сценарии 4.2, млн. т.н.э.

Импорт российских нефти и нефтепродуктов в Индию в настоящее время относительно невелик (1 % от всего экспорта, около 3 млн.т.н.э.), однако она потенциально может выступать крупным импортером. К 2045 году даже в сценарии 4.2 расчеты демонстрируют рост потребностей в моторном топливе со стороны легковых автомобилей в Индии по сравнению с настоящим временем на 99 млн.т.н.э., несмотря на выпадение спроса, связанное с совместным использованием, по сравнению с базовым сценарием оценивается в 30 млн.т.н.э.. При этом совокупное потребление в сценарии 4.2 на 6 % меньше, чем в сценарии 1.1. (на 30 млн.т.н.э. при совокупном потреблении около 500⁴⁰ млн.т.н.э. (Рисунок 3.43)).

⁴⁰ Оценка остальных секторов – ИНП РАН

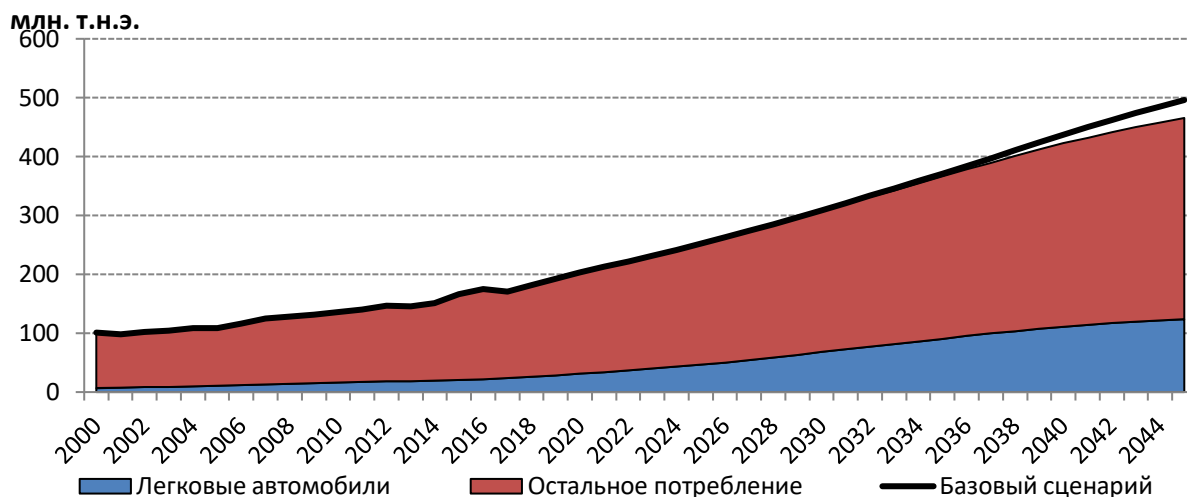


Рисунок 3.43 – Совокупная потребность в нефтепродуктах в Индии в сценарии 4.2, млн. т.н.э.

Несмотря на то, что США не выступают в качестве значимого импортера российских нефти и нефтепродуктов, снижение потребности в моторном топливе в них означает большее давление на внешние рынки с их стороны и большую конкуренцию американских экспортеров с российскими (см. раздел 1.1).

К 2045 году выпадение спроса на моторное топливо в США в сценарии 4.2., связанное с совместным использованием, по сравнению с базовым сценарием по нашим оценкам составляет 49 млн.т.н.э. и по сравнению с текущим уровнем - 115 млн.т.н.э. Совокупное потребление в сценарии 4.2 на 9% меньше, чем в сценарии 1.1. (на 49 млн.т.н.э. при совокупном потреблении около 550⁴¹ млн.т.н.э. (Рисунок 3.44)).

⁴¹ Оценка остальных секторов – ИНП РАН

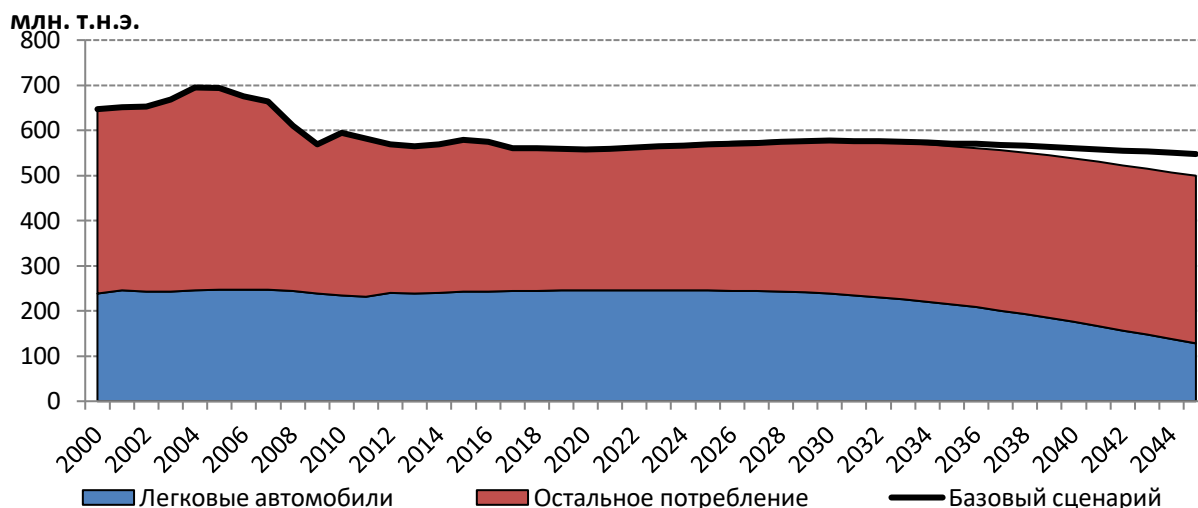


Рисунок 3.44 – Совокупная потребность в нефтепродуктах в США в сценарии 4.2, млн. т.н.э.

В совокупности пяти стран, для которых были проведены расчеты, в сценарии 4.2. ожидается снижение потребности в моторном топливе по сравнению с текущим уровнем на 140 млн. т.н.э. При этом снижение в развитых странах компенсируется приростом в развивающихся странах – Китае и Индии.

Снижение совокупного потребления нефтепродуктов по сравнению с базовым сценарием, обусловленное совместным использованием для пяти стран оценивается - на уровне 7% (снижение на 187 млн. т.н.э. при общей потребности около 2620⁴² млн. т.н.э. (Рисунок 3.45)). Тем не менее по сравнению с текущим уровнем совокупное потребление в сценарии 4.2. вырастет на 360 млн. т. н. э. в рассматриваемых пяти странах.

⁴² Оценка остальных секторов – ИНП РАН

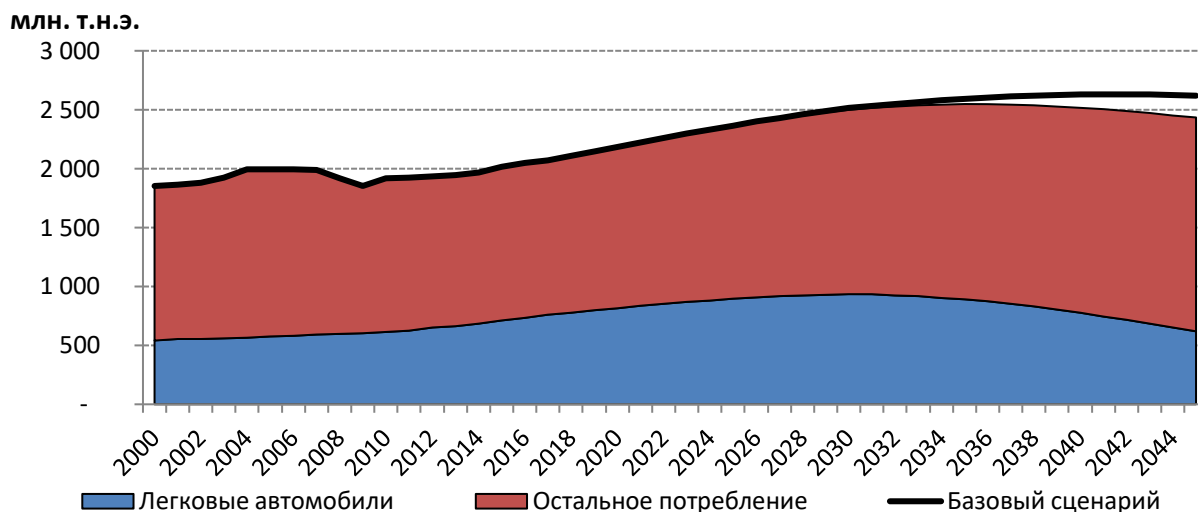


Рисунок 3.45 – Совокупная потребность в нефтепродуктах в пяти рассматриваемых странах в сценарии 4.2, млн. т.н.э.

На основе полученных результатов можно сделать следующие рекомендации для нефтяной отрасли России.

Возможность сохранения или даже наращивания поставок на внешние рынки связана со способностью нефтяной отрасли к адаптации (к изменению страновой структуры экспорта), а также с повышением конкурентоспособности российских нефти и нефтепродуктов. Рост совокупной потребности в нефтепродуктах к 2045 году в сценарии 4.2. по сравнению с 2019 годом по нашим оценкам (для сектора легкового автотранспорта) и оценкам ИНП РАН (для остальных секторов) относительно не велик – 363 млн. т. н. э. и в некоторой пропорции может быть распределен между странами-экспортерами нефти и нефтепродуктов. Кроме того, этот прирост возникает за счет значимого прироста в развивающихся странах – Китае и Индии, в то время как в развитых странах ожидается снижение как потребления топлив легковыми автомобилями, так и совокупного потребления продуктов из нефти (Таблица 3.13).

Таблица 3.13 – Изменения потребности в нефтепродуктах в разных странах и в совокупности

	Мир	Россия	ЕС	США	Япония	Китай	Индия
Изменение совокупной потребности в моторном топливе со стороны легкового автотранспорта, млн. т.н.э.	-140	-4	-129	-115	-37	43	99
Изменение совокупной потребности в нефтепродуктах, млн. т.н.э.	363	39	-146	-62	-72	348	295

Источник: оценки автора, ИНП РАН

Изменение структуры экспорта должно происходить от рынков, где возможно снижение спроса – ЕС, Япония, к растущим рынкам развивающихся стран – Китая и Индии. При этом российский внутренний рынок обладает ограниченной возможностью компенсировать выпадение спроса на внешних рынках.

Увеличение добычи нефти в США при одновременном снижении как потребности в моторном топливе со стороны легковых автомобилей, так и совокупной потребности могут сделать США чистым экспортером нефти и нефтепродуктов, что также может означать снижение экспортных возможностей для российской нефтяной отрасли.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проведенной работы можно сделать следующие выводы:

1. Разработанный подход к анализу процессов автомобилизации, в рамках которого большое значение приобретают новые автотранспортные технологии (автономное вождение) и модели потребительского поведения (совместное использование автомобилей), позволяет показать, что представления о динамике парков легковых автомобилей и уровней обеспеченности ими населения принципиально отличаются от тех, которые могут быть получены на основе традиционной парадигмы, в рамках которой автомобилизация описывается как «процесс с насыщением», а динамика обеспеченности населения легковыми автомобилями имеет асимптотический

предел роста. Это позволяет говорить о необходимости критического пересмотра традиционного подхода при проведении исследований перспектив автомобилизации и построении прогноза парка автомобилей.

2. На основе концептуальных представлений о трансформации логики процессов автомобилизации был разработан прогнозно-аналитический инструментарий для оценки последствий реализации различных сценариев развития совместного использования беспилотных автомобилей. Он позволяет проводить оценки перспективной динамики и структуры парка легковых автомобилей как по режиму использования (совместно используемые, традиционные), так и по типу используемого двигателя (двигатель внутреннего сгорания, электродвигатель).

3. Расчеты, проведенные в нескольких различных сценариях автомобилизации, показывают значимость как распространения совместного использования автомобилей, так и особенностей этого распространения (использование только в рамках специализированных сервисов или домашних хозяйств; при наличии ежедневных пиков транспортных потоков или при их распределении в течение дня) для динамики парка легковых автомобилей и потребности в энергоресурсах со стороны легкового автотранспорта. Потенциал снижения потребностей в нефтепродуктах со стороны легкового автотранспорта, связанный с совместным использованием беспилотных автомобилей (ускоренная электрификация и повышенная относительная эффективность их использования), сравним по масштабам с воздействием других факторов, определяющих эту потребность в перспективе (распространение электромобилей и повышение энергоэффективности).

4. Для России существенные изменения в динамике процессов автомобилизации в глобальном масштабе могут стать источником рисков для наращивания или поддержания экспорта нефти и нефтепродуктов. При этом существуют реалистичные сценарии, в которых описанные изменения затронут и автомобилизацию внутри страны, вследствие чего внутренний рынок нефти и нефтепродуктов не сможет компенсировать выпадение спроса

на внешних рынках (по крайней мере в сфере легкового автотранспорта). Учитывая ту роль, которую нефтегазовый сектор и ТЭК в целом играют в социально-экономическом развитии нашей страны, новые прогнозно-аналитические сюжеты, позволяющие конструктивно рассмотреть широкий спектр альтернатив развития процессов автомобилизации, должны быть рассмотрены не только в контексте энергетической политики, но и при обосновании стратегии структурно-технологической модернизации национальной экономики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Энергетическая стратегия России на период до 2035 года // Министерство энергетики Российской Федерации. [Электронный ресурс]. URL: <http://minenergo.gov.ru/node/1026> (дата обращения: 09.07.2020).
2. Трансформация структуры экономики: механизмы и управление // ИИП РАН, Москва, МАКС Пресс, 2020. – 263 с.
3. BP Energy Outlook // [Электронный ресурс]. URL: <http://bp.com/energyoutlook> (дата обращения: 20.05.2019).
4. Energy Information Agency // [Электронный ресурс]. URL: <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=37772> (дата обращения: 20.05.2019).
5. Tanner J. C. Forecasts of vehicles and traffic in Great Britain: 1974 revision. – 1974.
6. Das D., Dutta S. Car Ownership Growth in Delhi //Decision (0304-0941). – 2010. – Т. 37. – №. 2.
7. Эткин Д. М. Возможный подход к прогнозированию объема продаж массовых автомобилей (на примере авторынка США) //Проблемы прогнозирования. – 2009. – №. 1. – С. 132-143.
8. Dargay J., Gatley D., Sommer M. Vehicle ownership and income growth, worldwide: 1960-2030 //The energy journal. – 2007. – Т. 28. – №. 4. – С.143-170.
9. Huo H., Wang M. Modeling future vehicle sales and stock in China //Energy Policy. – 2012. – Т. 43. – С. 17-29.
10. Wu T., Zhao H., Ou X. Vehicle ownership analysis based on GDP per capita in China: 1963–2050 //Sustainability. – 2014. – Т. 6. – №. 8. – С. 4877-4899.
11. Эдер Л. В., Немов В. Ю. Прогнозирование потребления энергии легковым автомобильным транспортом //Проблемы прогнозирования. – 2017. – №. 4. – С. 83-93.
12. Button K., Ngoe N., Hine J. Modelling vehicle ownership and use in low income countries //Journal of Transport Economics and Policy. – 1993. – С. 51-67.
13. Tanner J. C. Car ownership trends and forecasts. – 1977. – №. TRRL Lab. Rpt. 799 Monograph.
14. Tanner J. C. A lagged model for car ownership forecasting. – 1983. – №. HS-036 436.
15. Вучик В. Транспорт в городах, удобных для жизни. – Litres, 2017. – 413 с.
16. Chamon M., Mauro P., Okawa Y. Mass car ownership in the emerging market giants //Economic Policy. – 2008. – Т. 23. – №. 54. – С. 244-296.

17. Wang Y., Teter J., Sperling D. China's soaring vehicle population: even greater than forecasted? //Energy Policy. – 2011. – Т. 39. – №. 6. – С. 3296-3306.
18. Hao H., Wang H., Yi R. Hybrid modeling of China's vehicle ownership and projection through 2050 //Energy. – 2011. – Т. 36. – №. 2. – С. 1351-1361.
19. Tishler A. The demand for cars and gasoline: A simultaneous approach //European Economic Review. – 1983. – Т. 20. – №. 1-3. – С. 271-287.
20. Johnson T. R. A cross-section analysis of the demand for new and used automobiles in the United States //Economic Inquiry. – 1978. – Т. 16. – №. 4. – С. 531-548.
21. Greene D. L., Hu P. S. The influence of the price of gasoline on vehicle use in multivehicle households //Transportation Research Record. – 1985. – Т. 988. – С. 19-24.
22. Park S. Y., Zhao G. An estimation of US gasoline demand: A smooth time-varying cointegration approach //Energy Economics. – 2010. – Т. 32. – №. 1. – С. 110-120.
23. Nicol C. J. Elasticities of demand for gasoline in Canada and the United States //Energy economics. – 2003. – Т. 25. – №. 2. – С. 201-214.
24. Pock M. Gasoline demand in Europe: New insights //Energy Economics. – 2010. – Т. 32. – №. 1. – С. 54-62.
25. ONE.MOTORING, Land Transport Authority, Singapore Government. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.onemotoring.com.sg/content/onemotoring/en.html>
26. Gargett D. Traffic growth: modelling a global phenomenon //World transport policy and practice. – 2012. – Т. 18. – №. 4. – С. 27-45.
27. Goodwin P. Peak travel, peak car and the future of mobility: Evidence, unresolved issues, policy implications and a research agenda. – 2013. – 41 с.
28. Zahavi Y. Travel characteristics in cities of developing and developed countries // Staff Working Paper 230. Washington: The World Bank. – 1976. – 113 с.
29. Marchetti C. Anthropological invariants in travel behavior //Technological forecasting and social change. – 1994. – Т. 47. – №. 1. – С. 75-88.
30. Schafer A., Victor D. G. The future mobility of the world population //Transportation Research Part A: Policy and Practice. – 2000. – Т. 34. – №. 3. – С. 171-205.
31. Stokes G. Has car use per person peaked? Age, gender and car use //Transport Statistics User Group Seminar, London. Retrieved May. – 2012. – Т. 20. – С. 2016.
32. Westcott L. More Americans Moving to Cities, Reversing the Suburban Exodus // The wire: the Atlantic media, 2014. [Электронный ресурс]. URL:

- <http://www.thewire.com/national/2014/03/more-americans-moving-to-cities-reversing-the-suburban-exodus/359714/> (дата обращения: 13.02.2020).
33. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.life-in-travels.ru/airbnb/> (дата обращения: 13.02.2020).
34. Прогноз научно технологического развития агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года // ВШЭ, 2017. [Электронный ресурс]. URL: <https://issek.hse.ru/news/205814026.html> (дата обращения: 13.02.2020).
35. Shaheen S., Sperling D., Wagner C. Carsharing in Europe and North American: past, present, and future. – 1998.
36. Ornetzeder M., Rohrer H. Of solar collectors, wind power, and car sharing: Comparing and understanding successful cases of grassroots innovations //Global Environmental Change. – 2013. – Т. 23. – №. 5. – С. 856-867.
37. Glotz-Richter M. Car-Sharing–“Car-on-call” for reclaiming street space //Procedia-Social and Behavioral Sciences. – 2012. – Т. 48. – С. 1454-1463.
38. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mobility.ch/en> (дата обращения: 13.02.2020).
39. Shaheen S. A., Cohen A. P., Roberts J. D. Carsharing in North America: market growth, current developments. – 2005.
40. Shaheen S. A., Cohen A. P., Chung M. S. North American carsharing: 10-year retrospective //Transportation Research Record. – 2009. – Т. 2110. – №. 1. – С. 35-44.
41. Martin E., Shaheen S. Impacts of car2go on vehicle ownership, modal shift, vehicle miles traveled, and greenhouse gas emissions: An analysis of five North American cities //Transportation Sustainability Research Center, UC Berkeley. – 2016. – Т. 3.
42. [Электронный ресурс]. URL: http://gothamist.com/2016/12/13/ehail_rideshare_guide_nyc.php (дата обращения: 13.02.2020).
43. [Электронный ресурс]. URL: <https://truesharing.ru/tp/19274/> (дата обращения: 28.02.2020).
44. Чупров А. Каршеринговые автомобили Lifan появятся в Челябинске и Екатеринбурге // Autostat, 28.04.18. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.autostat.ru/news/34054/> (дата обращения: 06.05.2020).
45. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.coursera.org/learn/smart-cities/lecture/cP9vk/the-shift-pathway> (дата обращения: 06.05.2020).

46. Martin E. W., Shaheen S. A. Greenhouse gas emission impacts of carsharing in North America //IEEE Transactions on intelligent transportation systems. – 2011. – Т. 12. – №. 4. – С. 1074-1086.
47. Behrendt S. Car sharing: nachhaltige Mobilität durch eigentumslose Pkw-Nutzung?. – IZT, 2000. – №. 43.
48. [Электронный ресурс]. URL: http://www.sae.org/misc/pdfs/automated_driving.pdf (дата обращения: 06.05.2020).
49. Ross P. E. The Audi A8: the World's First Production Car to Achieve Level 3 Autonomy // IEEE Spectrum, 11.07.17. [Электронный ресурс]. URL: <https://spectrum.ieee.org/cars-that-think/transportation/self-driving/the-audi-a8-the-worlds-first-production-car-to-achieve-level-3-autonomy> (дата обращения: 18.02.2020).
50. Davies A. GM will launch robocars without steering wheels next year // Wired, 12.01.18. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.wired.com/story/gm-cruise-self-driving-car-launch-2019/> (дата обращения: 18.02.2020).
51. Sage A., Liernert P. Ford plans self-driving car for ride share fleets in 2021 // Reuters, 16.08.16. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.reuters.com/article/us-ford-autonomous/ford-plans-self-driving-car-for-ride-share-fleets-in-2021-idUSKCN10R1G1> (дата обращения: 18.02.2020).
52. Muoio D. Nissan cars are about to get some awesome self-driving features// Business Insider, 14.07.16. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.businessinsider.com/four-self-driving-cars-traveled-360-miles-in-france-2015-10> (дата обращения: 18.02.2020).
53. Daimler, Bosch to test self-driving cars soon – Automobilwoche // Reuters, 03.02.18. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.reuters.com/article/daimler-r-bosch-selfdriving/daimler-bosch-to-test-self-driving-cars-soon-automobilwoche-idUSL8N1PT0B2> (дата обращения: 18.02.2020).
54. Lambert F. BMW will launch the electric and autonomous iNext in 2021, new i8 in 2020 and not much in-between // Electrek, 12.05.16. [Электронный ресурс]. URL: <https://electrek.co/2016/05/12/bmw-electric-autonomous-inext-2021/> (дата обращения: 18.02.2020).
55. Muoio D. 4 self-driving French cars successfully made a 360-mile trip with no test driver // Business Insider, 8.10.15. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.businessinsider.com/four-self-driving-cars-traveled-360-miles-in-france-2015-10> (дата обращения: 18.02.2020).

56. Caddy B. Toyota to launch first driverless car in 2020 // Wired, 8.10.15. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.wired.co.uk/article/toyota-highway-teammate-driverless-car-tokyo> (дата обращения: 18.02.2020).
57. Davies A. Volvo will test self-driving cars with real customers in 2017 // Wired, 23.02.15. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.wired.com/2015/02/volvo-will-test-self-driving-cars-real-customers-2017/> (дата обращения: 18.02.2020).
58. Abkowitz A. Baidu Plans to Mass Produce Autonomous Cars in Five Years // The Wall Street Journal, 2.07.16. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.wsj.com/articles/baidu-plans-to-mass-produce-autonomous-cars-in-five-years-1464924067> (дата обращения: 18.02.2020).
59. Horrell P. VW to build self-driving cars 'faster than competition' // Topgear, 1.03.16. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.topgear.com/car-news/geneva-motor-show/vw-build-self-driving-cars-faster-competition> (дата обращения: 18.02.2020).
60. Ross P. E. CES 2017: Nvidia and Audi Say They'll Field a Level 4 Autonomous Car in Three Years // IEEE Spectrum, 05.01.17. [Электронный ресурс]. URL: <https://spectrum.ieee.org/cars-that-think/transportation/self-driving/nvidia-ceo-announces> (дата обращения: 18.02.2020).
61. McLain S. Honda chases Silicon Valley with new artificial-intelligence center // The Wall Street Journal, 28.02.17. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.wsj.com/articles/honda-chases-silicon-valley-with-new-artificial-intelligence-center-1488275341> (дата обращения: 18.02.2020).
62. Jin-young C. Hyundai Motor and Samsung Groups Vying in Smart Car Industry // Business Korea, 12.04.16. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.businesskorea.co.kr/english/news/industry/14383-competition-smart-car-hyundai-motor-and-samsung-groups-vying-smart-car-industry> (дата обращения: 18.02.2020).
63. Pitas C. Jaguar Land Rover to test over 100 autonomous cars in Britain by 2020 // Reuters, 13.07.16. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.reuters.com/article/us-jaguarlandrover-driverless/jaguar-land-rover-to-test-over-100-autonomous-cars-in-britain-by-2020-idUSKCN0ZS2V2> (дата обращения: 18.02.2020).
64. 300. All Tesla Cars Being Produced Now Have Full Self-Driving Hardware // The Tesla Team, 19.10.16. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.tesla.com/blog/all-tesla-cars-being-produced-now-have-full-self-driving-hardware> (дата обращения: 18.02.2020).

65. Shapiro D. NVIDIA and Bosch announce AI self-driving car computer // NVIDIA Blog, 16.03.17. [Электронный ресурс]. URL: <https://blogs.nvidia.com/blog/2017/03/16/bosch/> (дата обращения: 18.02.2020).
66. Taylor E. Mercedes joins forces with Bosch to develop self-driving taxis // Reuters, 04.04.17. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.reuters.com/article/us-daimler-bosch-selfdriving/mercedes-joins-forces-with-bosch-to-develop-self-driving-taxis-idUSKBN1760SJ> (дата обращения: 18.02.2020).
67. Hawkins A. J. Delphi and Mobileye are teaming up to build a self-driving system by 2019 // The verge, 23.08.16. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.theverge.com/2016/8/23/12603624/delphi-mobileye-self-driving-autonomous-car-2019> (дата обращения: 18.02.2020).
68. Etherington D. BMW, Intel and Mobileye bring Delphi in on their self-driving platform // Techcrunch, 16.05.17. [Электронный ресурс]. URL: <https://techcrunch.com/2017/05/16/bmw-intel-and-mobileye-bring-delphi-in-on-their-self-driving-platform/> (дата обращения: 18.02.2020).
69. Samsung Electronics Expands Commitment to Autonomous Driving Technology // Business Wire, 14.09.17. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.businesswire.com/news/home/20170913006605/en/Samsung-Electronics-Expands-Commitment-Autonomous-Driving-Technology> (дата обращения: 18.02.2020).
70. Lee C. Huawei eyes self-driving cars: Report // ZDNet, 23.02.17. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.zdnet.com/article/huawei-eyes-self-driving-cars-report/> (дата обращения: 18.02.2020).
71. Lienert P. Toyota expands Microsoft partnership in connected vehicle services // Reuters, 04.04.16. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.reuters.com/article/us-toyota-connectivity-microsoft/toyota-expands-microsoft-partnership-in-connected-vehicle-services-idUSKCN0X11LL> (дата обращения: 18.02.2020).
72. Kharpal A. Microsoft, Volvo strike deal to make driverless cars // CNBC, 20.11.15. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.cnbc.com/2015/11/20/microsoft-volvo-strike-deal-to-make-driverless-cars.html> (дата обращения: 18.02.2020).
73. Baker D. R. Continental, 145-year-old auto firm, opens San Jose lab // SFgate, 12.04.17. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sfgate.com/business/article/Continental-145-year-old-auto-firm-opens-San-11069378.php> (дата обращения: 18.02.2020).

74. Webb A., Behrmann E., Vynck G. Magna International Inc. helps many major automakers produce cars—will they do the same for tech companies? // Bloomberg, 15.09.16. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.bloomberg.com/features/2016-magna-international/> (дата обращения: 18.02.2020).
75. Shapiro D. ZF Launches ZF ProAI, Production DRIVE PX 2 Self-Driving System for Cars, Trucks, Factories // NVIDIA Blog, 04.01.17. [Электронный ресурс]. URL: <https://blogs.nvidia.com/blog/2017/01/04/zf-ces/> (дата обращения: 18.02.2020).
76. Etherington D. Yandex's on-demand taxi service debuts its self-driving car project // Techcrunch, 30.05.17. [Электронный ресурс]. URL: <https://techcrunch.com/2017/05/30/yandexs-on-demand-taxi-service-debuts-its-self-driving-car-project/> (дата обращения: 18.02.2020).
77. Левинский А. Джек-пот Ольги Усковой: как беспилотные автомобили научились ездить по снегу и бездорожью // Forbes, 24.01.18. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.forbes.ru/tehnologii/356039-dzhek-pot-olgi-uskovoy-kak-bespilotnye-avtomobili-nauchilis-ezdit-po-snegu-i> (дата обращения: 18.02.2020).
78. [Электронный ресурс]. URL: <https://medium.com/waymo/waymo-one-the-next-step-on-our-self-driving-journey-6d0c075b0e9b> (дата обращения: 18.02.2019).
79. Davies A. Maven, GM's car-sharing scheme, is really about a driverless future // Wired, 21.01.16. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.wired.com/2016/01/maven-gms-car-sharing-scheme-is-really-about-a-driverless-future/> (дата обращения: 18.02.2020).
80. Arbib J., Seba T. Rethinking Transportation 2020-2030: The Disruption of Transportation and the Collapse of the Internal-Combustion Vehicle and Oil Industries // A RethinkX Sector Disruption Report – 2017.
81. Schoettle B., Sivak M. Potential impact of self-driving vehicles on household vehicle demand and usage // UMTRI-2015-3 – 2015.
82. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.autostat.ru/news/6069/> (дата обращения: 18.02.2020).
83. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.the-village.ru/village/business/schet/243243-taksist> (дата обращения: 18.02.2020).
84. Mogridge M. J. H. The prediction of car ownership // Journal of Transport Economics and Policy. – 1967. – С. 52-74.
85. Silberston A. Automobile use and the standard of living in east and west // Journal of Transport Economics and Policy. – 1970. – С. 3-14.

86. Buxton M. J., Rhys D. G. The demand for car ownership: a note // *Scottish Journal of Political Economy*. – 1972. – Т. 19. – №. 2. – С. 175-181.
87. Fairhurst M. H. The influence of public transport on car ownership in London // *Journal of Transport Economics and Policy*. – 1975. – С. 193-208.
88. Spencer A. H., Madhavan S. The car in southeast Asia // *Transportation Research Part A: General*. – 1989. – Т. 23. – №. 6. – С. 425-437.
89. Korver W., Klooster J., Jansen G. R. M. Car—increasing ownership and decreasing use? // *A billion trips a day*. – Springer, Dordrecht, 1993. – С. 75-100.
90. Pritchard T., DeBoer L. The effect of taxes and insurance costs on automobile registrations in the United States // *Public Finance Quarterly*. – 1995. – Т. 23. – №. 3. – С. 283-304.
91. Medlock K. B., Soligo R. Car ownership and economic development with forecasts to the year 2015 // *Journal of Transport Economics and Policy (JTEP)*. – 2002. – Т. 36. – №. 2. – С. 163-188.
92. Kobos P. H., Erickson J. D., Drennen T. E. Scenario analysis of Chinese passenger vehicle growth // *Contemporary economic policy*. – 2003. – Т. 21. – №. 2. – С. 200-217.
93. Hirota K. Passenger car ownership estimation toward 2030 in Japan // *Studies in Regional Science*. – 2007. – Т. 37. – №. 1. – С. 25-39.
94. Park J. Sensemaking: What will autonomous vehicles mean for sustainability? // *The Future Scentre*, 27.02.17. [Электронный ресурс]. URL: <https://thefuturescentre.org/articles/11010/what-will-autonomous-vehicles-mean-sustainability> (дата обращения: 28.02.2020).
95. Litman T. Autonomous Vehicle Implementation Predictions: Implications for Transport Planning // *Victoria Transport Policy Institute*. – 2018. – 35 с.
96. Anderson J. M., Kalra N., Stanley K. D., Sorensen P., Samaras C., Oluwatola O. A. Autonomous vehicle technology: a guide for policymakers // *RAND Corporation, Santa Monica*. – 2016. – 214 с.
97. Sivak M., Schoettle B. Road safety with self-driving vehicles: general limitations and road sharing with conventional vehicles // *The University of Michigan, Transportation Research Institute, Report No. UMTRI-2015-2*. – 2015.
98. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.coursera.org/learn/smart-cities/lecture/MXjP0/interview-with-a-transportation-company-mr-schaefer-siemens> (дата обращения: 28.02.2020).
99. Higgins T. The End of Car Ownership // *The Wall Street Journal*, 20.06.17. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.wsj.com/articles/the-end-of-car-ownership-1498011001> (дата обращения: 18.02.2020).

100. [Электронный ресурс]. URL: <http://autostat.ru/news/38083/> (дата обращения: 28.02.2019).
101. Bomey N. How Elon Musk could get tens of billions from new Tesla compensation plan // USA Today, 23.01.18. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.usatoday.com/story/money/cars/2018/01/23/elon-musk-tesla/1056880001/> (дата обращения: 18.02.2020).
102. [Электронный ресурс]. URL: <http://autostat.ru/news/38445/> (дата обращения: 28.02.2019).
103. Мировой рынок самоуправляемых автомобилей, 2020 – 2035 гг.: обзор рынка // J'son&Partners, 2017. [Электронный ресурс]. URL: http://json.tv/ict_telecom_analytics_view/mirovoy-gynok-samoupravlyaemyh-avtomobiley-v-2020-2035-godah-20170828042106 (дата обращения: 28.02.2020).
104. Convention on Road Traffic // United Nations Conference on Road Traffic, Vienna, 1968, P: 105.
105. [Электронный ресурс]. URL: https://treaties.un.org/Pages/ViewDetailsIII.aspx?src=TREATY&mtdsg_no=XI-B-19&chapter=11&Temp=mtdsg3&lang=en (дата обращения: 18.02.2020).
106. Automated driving // Economic Commission for Europe, Global Forum for Road Traffic Safety, Informal document. – 2017. – 8 с.
107. Ducamp P. Des véhicules autonomes sur route ouverte à Bordeaux en octobre 2015 // L'usine Digitale, 29.06.15. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.usine-digitale.fr/article/des-vehicules-autonomes-sur-route-ouverte-a-bordeaux-en-octobre-2015.N338350> (дата обращения: 18.02.2020).
108. Swisscom reveals the first driverless car on Swiss roads // Swisscom, 12.05.15. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.swisscom.ch/en/about/medien/press-releases/2015/05/20150512-MM-selbstfahrendes-Auto.html> (дата обращения: 18.02.2020).
109. Driverless cars to be tested on UK roads by end of 2013 // BBC, 16.06.13. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.bbc.com/news/technology-23330681> (дата обращения: 18.02.2020).
110. Maierbrugger A. Singapore to launch self-driving taxis next year // Investvine, 01.08.16. [Электронный ресурс]. URL: <http://investvine.com/singapore-launch-self-driving-taxis-next-year/> (дата обращения: 18.02.2020).
111. Palkovics L. Hungary as one of the European hubs for automated and connected driving // Zala Zone. – 2017. – 52 с.
112. Greenblatt N. A. Self-Driving Cars Will Be Ready Before Our Laws Are // IEEE spectrum, 19.01.16. [Электронный ресурс]. URL:

- <https://spectrum.ieee.org/transportation/advanced-cars/selfdriving-cars-will-be-ready-before-our-laws-are> (дата обращения: 18.02.2020).
113. Tingwall E. 2019 Audi A8: flagship floats on active suspension // Caranddriver, 2017. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.caranddriver.com/news/2019-audi-a8-official-photos-and-info-news> (дата обращения: 18.02.2020).
114. Shepardson D. U. S. House unanimously approves sweeping self-driving car measure // Reuters, 6.09.17. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.reuters.com/article/us-autos-selfdriving/u-s-house-unanimously-approves-sweeping-self-driving-car-measure-idUSKCN1BH2B2> (дата обращения: 28.02.2020).
115. Dave P. Google ditched autopilot driving feature after test user napped behind wheel // Reuters, 31.10.17. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.reuters.com/article/us-alphabet-autos-self-driving/google-ditched-autopilot-driving-feature-after-test-user-napped-2018> (дата обращения: 28.02.2020).
116. Brodsky J. S. Autonomous vehicle regulation: How an uncertain legal landscape may hit the brakes on self-driving cars // Berkeley Technology Law Journal. – 2016. – Т. 31. – №. 2. – С. 851-878.
117. Garza A. P. Look ma, no hands: wrinkles and wrecks in the age of autonomous vehicles // New Eng. L. Rev. – 2011. – Т. 46. – С. 581 – 616.
118. Gershgor D. Germany's self-driving car ethicists: All lives matter // Quartz Media, 24.08.17. [Электронный ресурс]. URL: <https://qz.com/1061476/germanys-new-regulations-on-self-driving-cars-means-autonomous-vehicles-wont-compare-human-lives/> (дата обращения: 18.02.2020).
119. Bowcott O. Laws for safe use of driverless cars to be ready by 2021 // The Guardian, 14.12.17. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.theguardian.com/law/2017/dec/14/laws-safe-use-driverless-cars-ready-2021-law-commission> (дата обращения: 18.02.2020).
120. Hawkins A.J. California green lights fully driverless cars for testing on public roads // The Verge, 26.02.18. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.theverge.com/2018/2/26/17054000/self-driving-car-california-dmv-regulations> (дата обращения: 18.02.2020).
121. Marshall A. Congress unites (gasp) to spread self-driving cars across America // Wired, 9.06.17. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.wired.com/story/congress-self-driving-car-law-bill/> (дата обращения: 28.02.2020).

122. Chan T. F. China's Baidu gets approval to test self-driving cars in Beijing, days after fatal Uber crash in the US // Business Insider, 23.03.18. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.businessinsider.com/baidu-will-test-self-driving-cars-in-beijing-despite-fatal-uber-crash-2018-3> (дата обращения: 23.03.2020).
123. Циноева Я. Стратегия автопрома дошла до премьеры // Коммерсант, 28.02.2018. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/3559873> (дата обращения: 28.02.2020).
124. Комарова В., Маляренко Е. Электрокары и беспилотники поставлены на карту // РБК, 4.05.18. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rbc.ru/newspaper/2018/05/07/5aebfadd9a7947be1fe51cf4> (дата обращения: 06.05.2020).
125. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://autostat.ru/finance/38184/> (дата обращения: 06.05.2020).
126. Индия не разрешит использовать в стране беспилотные автомобили. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.kommersant.ru/doc/3372269> (дата обращения: 06.05.2020).
127. Badger E. 5 confounding questions that hold the key to the future of driverless cars // Washington Post, 15.01.15. [Электронный ресурс]. URL: https://www.washingtonpost.com/news/wonk/wp/2015/01/15/5-confounding-questions-that-hold-the-key-to-the-future-of-driverless-cars/?utm_term=.fa34642e26a5 (дата обращения: 18.02.2020).
128. Grush B., Niles J., Baum E. Ontario Must Prepare for Vehicle Automation: Automated vehicles can influence urban form, congestion and infrastructure delivery // Residential and Civil Construction Alliance of Ontario. – 2016. – 76 с.
129. Higgins T., Spector M., Colias M. Tesla, Uber deaths raise questions about the perils of partly autonomous driving // Wall Street Journal, 2.04.18. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.wsj.com/articles/tesla-uber-deaths-raise-questions-about-the-perils-of-partly-autonomous-driving-1522661400> (дата обращения: 03.04.2020).
130. Cars Online 2017: Beyond the Car // Capgemini Report, 2017, P: 36. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.capgemini.com/consulting/resources/cars-online-study-2017/> (дата обращения: 28.02.2020).
131. Self-Driving Vehicles, Robo-Taxis, and the Urban Mobility Revolution // Boston Consulting Group, 2016. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.bcg.com/publications/2016/automotive-public-sector-self-driving-vehicles-robo-taxis-urban-mobility-revolution.aspx> (дата обращения: 28.02.2020).

132. Bert J., Collie B., Gerits M., Xu G. What's Ahead for Car Sharing // Boston Consulting Group, 23.02. 2016. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.bcg.com/publications/2016/automotive-whats-ahead-car-sharing-new-mobility-its-impact-vehicle-sales.aspx> (дата обращения: 28.02.2020).
133. Vincent Dupray, Peter Otto, Alexander Yakovlev. The future of mobility // 2019. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ipsos.com/sites/default/files/ct/publication/documents/2019-11/the-future-of-mobility-autonomous-electric-shared.pdf> (дата обращения: 20.04.2020).
134. Marshall A. After Peak Hype, Self-Driving Cars Enter the Trough of Disillusionment // Wired, 29.12.17. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.wired.com/story/self-driving-cars-challenges/> (дата обращения: 28.02.2020).
135. Lenardi M. The future of driverless cars in Europe // Hitache, 2017. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.hitachi.eu/en/social-innovation-stories/transport/future-driverless-cars-europe> (дата обращения: 28.02.2020).
136. Hyundai Says Not So Fast on Self-Driving Car // Industry Week, 16.09.15. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.industryweek.com/emerging-technologies/hyundai-says-not-so-fast-self-driving-car> (дата обращения: 28.02.2020).
137. Соколов А. Вперед в будущее: Как беспилотные автомобили повлияют на индустрию // Коммерсант, 16.03.17. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/3243020> (дата обращения: 28.02.2020).
138. Self-Driving Cars Moving into the Industry's Driver's Seat // IHS Markit, Automotive, 2.01.14. [Электронный ресурс]. URL: <http://news.ihsmarkit.com/press-release/automotive/self-driving-cars-moving-industrys-drivers-seat> (дата обращения: 28.02.2020).
139. Automotive revolution – perspective towards 2030 // McKinsey&Company, 2016. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/industries/high%20tech/our%20insights/disruptive%20trends%20that%20will%20transform%20the%20auto%20industry/auto%202030%20report%20jan%202016.ashx> (дата обращения: 28.02.2020).
140. Garfield L. 13 cities that are starting to ban cars // Businessinsider, 27.02.18. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.businessinsider.com/cities-going-car-free-ban-2017-8> (дата обращения: 8.03.2020).
141. The Future of Car Ownership // The NRMA Report, 2017, P: 86. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mynrma.com.au/-/media/documents/reports-and-substhe-future-of-car-ownership.pdf?la=en> (дата обращения: 28.02.2020).

142. Лобода В. Готовы ли автовладельцы отказаться от личного автомобиля? // Autostat, 15.03.18. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.autostat.ru/news/33472/> (дата обращения: 23.03.2020).
143. Чупров А. Автопарк московского каршеринга станет крупнейшим в Европе // Автостат, 22.03.18. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.autostat.ru/news/33529/> (дата обращения: 23.03.2020).
144. Шутов А. И., Новиков И. А., Воля П. А. Развитие и современное состояние мировой автомобилизации: учеб. пособие // Белгород: Изд-во БГТУ, 2009. – 140 с.
145. Nealer R., Reichmuth D., Anair D. Cleaner cars from cradle to grave: How electric cars beat gasoline cars on lifetime global warmin emissions // Union of Concerned Scientists, 2015. [Электронный ресурс]. URL: www.ucsusa.org/EVlifecycle (дата обращения: 28.02.2020).
146. Сияк Ю. Эффективность альтернативных топлив и технологий в развитии пассажирского автотранспорта в средне-и долгосрочной перспективе // ИНП РАН, 2019. [Электронный ресурс]. URL: <https://ecfor.ru/publication/sinyak-yu-v-alternativnye-topliva-i-tehnologii-v-razvitiya-passazhirskogo-avtotransporta/> (дата обращения: 28.02.2019).
147. Голованов Г. Ископаемое топливо проиграло, но мир еще не понял этого // Hightech, 19.05.17. [Электронный ресурс]. URL: <https://hightech.fm/2017/05/19/renewable-energy-is-unstoppable> (дата обращения: 26.03.2020).
148. Hodges J. Electric Cars May Be Cheaper Than Gas Guzzlers in Seven Years // Bloomberg, 22.03.18. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-03-22/electric-cars-may-be-cheaper-than-gas-guzzlers-in-seven-years> (дата обращения: 28.02.2020).
149. Hanley S. UBS claims electric car price parity by 2018, says Tesla can make money on model 3 // Gas2, 20.05.2017. [Электронный ресурс]. URL: <http://gas2.org/2017/05/20/ubs-electric-car-price-parity-2018-tesla-make-money-model-3/> (дата обращения: 28.02.2020).
150. Pang Q. et al. An in vivo formed solid electrolyte surface layer enables stable plating of Li metal //Joule. – 2017. – Т. 1. – №. 4. – С. 871-886.
151. Liu C. et al. An all-in-one nanopore battery array //Nature nanotechnology. – 2014. – Т. 9. – №. 12. – С. 1031-1039.
152. Самуилкина А. В следующем году Honda начинает продажи электромобилей в Китае // Хайтек, 20.04.2017. [Электронный ресурс]. URL: <https://hightech.fm/2017/04/20/electrohonda> (дата обращения: 28.02.2020).

153. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.energy.gov/eere/electricvehicles/electric-vehicles-tax-credits-and-other-incentives> (дата обращения: 28.02.2020).
154. Gibson R. Which Countries Have the Best Incentives For EV Purchases? // FleetCarma, 25.09.17. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.fleetcarma.com/countries-best-incentives-ev-purchases/> (дата обращения: 28.02.2020).
155. Bhattacharya R. Boost for electric and hybrid cars with Rs 1.5 Lakh subsidy // The Indian Express, 18.04.2014. [Электронный ресурс]. URL: <http://indianexpress.com/article/business/companies/boost-for-electric-and-hybrid-cars-with-rs-1-5-lakh-subsidy/> (дата обращения: 28.02.2020).
156. 2017 Hybrid & Electric Cars Survey Results // Carmax, Car Research and Review, 18.07.17. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.carmax.com/articles/hybrid-electric-2017-survey-results> (дата обращения: 26.03.2020).
157. Самуилкина А. Все пекинские такси заменят на электромобили // Хайтек, 28.02.2017. [Электронный ресурс]. URL: <https://hightech.fm/2017/02/28/beijing-taxis-electric-cars> (дата обращения: 28.02.2020).
158. Анисимов Г. Еврокомиссия стимулирует переход на электромобили // Ведомости, 9.11.17. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.vedomosti.ru/auto/articles/2017/11/09/741050-perehod-elektromobili> (дата обращения: 28.02.2020).
159. Авербух М. Электромобильное будущее. Потребление нефти может сократиться на треть // Forbes, 27.12.17. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.forbes.ru/biznes/355059-elektromobilnoe-budushchee-potreblenie-nefti-mozhet-sokratitsya-na-tret> (дата обращения: 23.03.2020).
160. Coulter T. Japan Has More Car Chargers Than Gas Stations // Bloomberg, 13.02.15. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2015-02-13/japan-has-more-car-chargers-than-gas-stations-carbon-climate> (дата обращения: 23.03.2020).
161. [Электронный ресурс]. URL: <https://ethicsintech.com/2019/01/04/japan-has-more-electric-vehicle-charging-points-than-gas-stations/> (дата обращения: 23.03.2020).
162. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.statista.com/statistics/955443/number-of-electric-vehicle-charging-stations-in-europe/> (дата обращения: 23.03.2020).

163. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.statista.com/statistics/416750/number-of-electric-vehicle-charging-stations-outlets-united-states/> (дата обращения: 23.03.2020).
164. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.greentechmedia.com/squared/electric-avenue/china-rapidly-expanding-ev-charging-market/> (дата обращения: 23.03.2020).
165. Shankleman J. Parked Electric Cars Earn \$1,530 From Europe's Power Grids // Bloomberg, 11.08.17. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-08-11/parked-electric-cars-earn-1-530-feeding-power-grids-in-europe> (дата обращения: 23.03.2020).
166. Веденеева А., Скоробогатько Д. Зеленый транспорт заряжают от государства: Меры поддержки электромобилей разработают к лету // Коммерсант, 21.03.18. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/3579032> (дата обращения: 23.03.2020).
167. Карнова Н. «Автомобили будущего» могут освободить от НДС // Прайм, 30.03.18. [Электронный ресурс]. URL: <https://1prime.ru/articles/20180330/828662797.html> (дата обращения: 03.04.2020).
168. Воздвиженская А. На льготном ходу: Владельцев электрокаров освободят от транспортного налога // Российская газета, 23.04.2018. [Электронный ресурс]. URL: <https://rg.ru/2018/04/23/vladelcev-elektrokarov-reshili-osvobodit-ot-transportnogo-naloga.html> (дата обращения: 28.04.2020).
169. Остапенко Е. 200 фонарей с зарядками для электромобилей появятся в Московской области // 360tv, 30.03.18. [Электронный ресурс]. URL: <https://360tv.ru/news/transport/v-moskovskoj-oblasti-pojavjatsja-200-fonarej-s-zarjadjkami-dlja-elektromobilej/> (дата обращения: 03.04.2020).
170. Чупров А. Минпромторг не поддерживает обнуление пошлин на электромобили // Автостат, 22.03.18. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.autostat.ru/news/33560/> (дата обращения: 23.03.2020).
171. [Электронный ресурс]. URL: <https://tass.ru/obschestvo/5782641/amp> (дата обращения: 23.03.2020).
172. Чупров А. Geely к 2020 году увеличит долю автомобилей на новых источниках энергии до 90% // Автостат, 22.03.18. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.autostat.ru/news/33533/> (дата обращения: 23.03.2020).
173. Li P., Chen Y., Jourdan A. China's Chongqing Changan to stop selling combustion-engine cars from 2025 // Reuters, 19.10.17. [Электронный ресурс]. URL: <https://uk.reuters.com/article/us-china-autos-changan/chinas-chongqing->

- changan-to-stop-selling-combustion-engine-cars-from-2025-idUKKBN1CO0XX (дата обращения: 23.03.2020).
174. Никитин А. Китай становится лидером мирового рынка электромобилей // Hightech, 12.02.18. [Электронный ресурс]. URL: <https://hightech.fm/2018/02/12/batteriesand-china> (дата обращения: 23.03.2020).
175. Lienert P. Global carmakers to invest at least \$90 billion in electric vehicles // Reuters, 16.01.18. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.reuters.com/article/us-autoshow-detroit-electric/global-carmakers-to-invest-at-least-90-billion-in-electric-vehicles-idUSKBN1F42NW> (дата обращения: 26.03.2020).
176. Peugeot полностью перейдет на электромобили и гибриды к 2025 г. // Финмаркет, 18.01.18. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.finmarket.ru/database/news.asp?id=4699312> (дата обращения: 26.03.2020).
177. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ev-volumes.com/country/total-world-plug-in-vehicle-volumes/> (дата обращения: 28.02.2020).
178. Li P., Chen Y., Jourdan A. China's Chongqing Changan to stop selling combustion-engine cars from 2025 // Reuters, 19.10.17. [Электронный ресурс]. URL: <https://uk.reuters.com/article/us-china-autos-changan/chinas-chongqing-changan-to-stop-selling-combustion-engine-cars-from-2025-idUKKBN1CO0XX> (дата обращения: 23.03.2020).
179. Lienert P. Global carmakers to invest at least \$90 billion in electric vehicles // Reuters, 16.01.18. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.reuters.com/article/us-autoshow-detroit-electric/global-carmakers-to-invest-at-least-90-billion-in-electric-vehicles-idUSKBN1F42NW> (дата обращения: 26.03.2020).
180. [Электронный ресурс]. URL: <https://cleantechnica.com/2019/05/30/india-may-allow-sale-of-only-electric-two-and-three-wheelers-from-2025/> (дата обращения: 26.03.2020).
181. Lambert F. Electric vehicle sales to surpass gas-powered cars by 2040, says new report // Electrek, 5.05.17. [Электронный ресурс]. URL: <https://electrek.co/2017/05/05/electric-vehicle-sales-vs-gas-2040/> (дата обращения: 27.03.2020).
182. Hanley S. UBS claims electric car price parity by 2018, says Tesla can make money on model 3 // Gas2, 20.05.2017. [Электронный ресурс]. URL: <http://gas2.org/2017/05/20/ubs-electric-car-price-parity-2018-tesla-make-money-model-3/> (дата обращения: 28.02.2020).

183. Hanley S. Energy Innovation Predicts EV Sales 75% of US market by 2050 // Gas2, 2.10.2017. [Электронный ресурс]. URL: <https://gas2.org/2017/10/02/energy-innovation-predicts-ev-sales-75-us-market-2050/> (дата обращения: 28.02.2020).
184. Ализар А. Удобные сервисы вроде Uber усугубляют автомобильные пробки, отбирая пассажиров у общественного транспорта // Geektimes, 27.02.18. [Электронный ресурс]. URL: <https://geektimes.ru/post/298599/> (дата обращения: 23.03.2020).
185. [Электронный ресурс]. URL: <http://autostat.ru/articles/38475/> (дата обращения: 23.03.2020).
186. Energy Technology Perspectives Report // International Energy Agency, 2017 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2017> (дата обращения: 23.03.2020).
187. Annual energy outlook // U.S. Energy Information Administration, 2020. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.eia.gov/outlooks/aeo/> (дата обращения: 03.06.2020).
188. World Population Prospects 2017 // United Nation, Population Division. [Электронный ресурс]. URL: <https://esa.un.org/unpd/wpp/Download/Standard/Population/> (дата обращения: 03.04.2020).
189. Economic Outlook No. 95: Long-term baseline projections // OECD.Stat, 2014. [Электронный ресурс]. URL: <https://stats.oecd.org> (дата обращения: 03.04.2020).
190. The Electric Vehicles World Sales Database // EV-Volumes. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ev-volumes.com/> (дата обращения: 03.04.2020).
191. Gupta U. BNEF: Electric vehicle sales expanding rapidly, e-buses to dominate by 2030 // PV-magazine, 22.05.18. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.pv-magazine.com/2018/05/22/affordability-and-lack-of-charging-points-stalls-electric-vehicle-take-up-in-india-bloomberg/> (дата обращения: 28.06.2020).
192. Electric Vehicle Outlook 2020 // Bloomberg NEF, 2020. [Электронный ресурс]. URL: <https://about.bnef.com/electric-vehicle-outlook/> (дата обращения: 28.06.2020).
193. World Oil Outlook 2040 // ОПЕК. – 2019. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.opec.org/> (дата обращения: 05.06.2020).
194. Hawksworth J., Berriman R., Goel S. Will robots really steal our jobs?: An international analysis of the potential long term impact of automation // PricewaterhouseCoopers. – 2018. [Электронный ресурс]. URL:

<https://www.pwc.co.uk/economic-services/assets/international-impact-of-automation-feb-2018.pdf> (дата обращения: 03.04.2020).

195. Shaheen S., Cohen A., Innovative Mobility: Carsharing Outlook; Carsharing Market Overview, Analysis, and Trends // California Digital Library, University of California. – 2020. – 7 с.

196. Kurman M., Lipson H. Why the rise of self-driving vehicles will actually increase car ownership // SingularityHub, 14.02.18. [Электронный ресурс]. URL: <https://singularityhub.com/2018/02/14/why-the-rise-of-self-driving-vehicles-will-actually-increase-car-ownership/#sm.00001w23437829djxttku2r13oqmg> (дата обращения: 03.04.2020).

197. World and China: Energy Outlook 2050 // CNPC, 2016.

198. World Energy Outlook 2016 // IEA, 2016.

199. [Электронный ресурс]. URL: <https://tass.ru/moskva/7468357> (дата обращения: 28.06.2020).

200. Wadud Z., MacKenzie D., Leiby P. Help or hindrance? The travel, energy and carbon impacts of highly automated vehicles //Transportation Research Part A: Policy and Practice. – 2016. – Т. 86. – С. 1-18.

201. Chen Y. et al. Quantifying autonomous vehicles national fuel consumption impacts: A data-rich approach //Transportation Research Part A: Policy and Practice. – 2019. – Т. 122. – С. 134-145.

202. Barth M., Boriboonsomsin K. Energy and emissions impacts of a freeway-based dynamic eco-driving system //Transportation Research Part D: Transport and Environment. – 2009. – Т. 14. – №. 6. – С. 400-410.

203. Webb J., Wilson C. Powering the driverless electric car of the future //Innovation and Disruption at the Grid's Edge. – Academic Press, 2017. – С. 101-122.