

## ПЕРСПЕКТИВЫ АВТОМОБИЛИЗАЦИИ НА БАЗЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ: АНАЛИЗ И СЦЕНАРНЫЙ ПРОГНОЗ

**МИЛЯКИН Сергей Романович**, к.э.н., milyakinsergei@gmail.com, Институт народнохозяйственного прогнозирования Российской академии наук, Москва, Россия  
ORCID: 0000-0002-3770-7785

**СКУБАЧЕВСКАЯ Нина Дмитриевна**, nina.hv@mail.ru, Институт народнохозяйственного прогнозирования Российской академии наук, Москва, Россия  
ORCID: 0000-0001-9490-8156

*Статья посвящена анализу возможностей модернизации автомобильной отрасли за счет электрификации легкового автотранспорта. Анализируются преимущества и риски такой модернизации, выделяются основные факторы, определяющие этот переход, описывается необходимая транспортная политика. Рассматриваются несколько сценариев, отличающихся степенью развития электрификации. Представлен прогноз-аналитический инструментарий для построения перспектив выпуска электромобилей, необходимого объема зарядной инфраструктуры и затрат на нее, а также мощностей накопителей энергии и необходимого обеспечения литиевым сырьем. Оцениваются объемы этих показателей в разных сценариях.*

*Ключевые слова:* электромобили, автомобилестроение, сценарии, прогноз.

DOI: 10.47711/0868-6351-202-132-143

**Введение.** Продажи электромобилей в мире продолжают расти: в 2022 г. они заняли 9,5% мирового рынка автомобилей, а вместе с подключаемыми гибридами – 13%<sup>1</sup>. При этом темпы прироста этого рынка составили 55%: драйверами являются Китай (рост продаж электромобилей на 82%), Канада и США (на 48%) и Европа (на 15%). Долгосрочные прогнозы при этом не обладают достаточной надежностью и пересматриваются каждый год [1]. Ответ на вопросы, какое место займет Россия в этом процессе, будет ли отечественный автопром «электрическим», зависит от нескольких факторов. Один из важных – изоляция, в которой оказалась национальная экономика с 2022 г. В условиях ограничения поставок технологического импорта и комплектующих электрификация может выступать важным фактором развития автомобильной промышленности и автомобилизации населения. Это связано с конструкционной простотой электромобиля по сравнению с автомобилем с ДВС или гибридным автомобилем<sup>2</sup>: электродвигатель проще двигателя внутреннего сгорания, кроме того, в электромобиле нет коробки передач и сцепления (но есть аккумулятор, инвертор и модуль зарядки). При этом возникают вопросы возможностей материального обеспечения такого производства [2; 3]. В частности, в статье Й.-К. Ростовского<sup>3</sup> отмечается, что отставание в наращивании мощностей производства аккумуляторов может привести к дефициту электромобилей в размере от 1 до 20% в период с 2027 по 2044 г. на мировом рынке.

Электрификация автомобилей в России может иметь несколько положительных эффектов. Наиболее значимый из них, способствующий популяризации, – это положительное влияние на экологию. Обзор 126-ти исследований [4], в которых анализировалось влияние на экологию легкового автотранспорта, показывает, что электромобили во всех странах, кроме Китая, оставляют меньший вред, чем автомобили

<sup>1</sup> URL: <https://www.ev-volumes.com/country/total-world-plug-in-vehicle-volumes/>

<sup>2</sup> URL: <https://efut.ru/a/134-ustrojstvo-jelektromobilja-tehnicheskie-otlichija-ot-obychnogo-avtomobilja.html>

<sup>3</sup> Й.-К. Ростовский. Влияние развития электромобилей на потребление энергоресурсов: риски и возможности для экономики России // Проблемы прогнозирования. 2023. № 3 (198). С. 106-119.

с ДВС на полном цикле (от производства до утилизации). Повышенный вред в Китае связан с тем, что в нем высока доля угольной энергетики [5]. Преимущества электромобилей в наиболее значительной степени проявляются при структуре электрогенерации, в которой основную долю занимают ВИЭ или газ. Так, например, в Норвегии, занимающей 1-е место по скорости электрификации личного парка (доля электромобилей в продажах 80%<sup>4</sup>), большая часть электроэнергии вырабатывается на ГЭС<sup>5</sup>. В России, в которой большая часть электроэнергии (48%<sup>6</sup>) вырабатывается с использованием газа, а также велика доля ее выработки с использованием атомной энергии (20%) и ВИЭ (18%), электрификация также может привести к существенному снижению выбросов CO<sub>2</sub>. Еще одним важным экологическим преимуществом электромобилей является то, что выбросы, связанные с производством электроэнергии, локализованы (в месте расположения электростанций) [6], в то время как выбросы автомобилей с ДВС распределены по всему городу. При этом особенно остро проблема загазованности может стоять в крупных плотно населенных городах. Электромобили создают меньше шума, что также особенно важно в городах. Следует отметить, однако, что электрификация не является панацеей в разрешении проблем городской среды и экологии. Добыча необходимых для производства аккумуляторов металлов и их утилизация связаны с загрязнением [7]. Также существуют оценки, что при производстве электромобилей затраты энергии в 2 раза выше, чем при производстве автомобиля с ДВС [8]. Использование автомобилей в городах не решает других проблем автомобилизации, помимо выбросов и шума: мелкой пыли от покрышек, загруженности дорог и пробок, а также нагрева воздуха [9; 10].

Важным фактором электрификации является государственная политика. Как отмечается в работе<sup>7</sup>, в 2020 г. на фоне эпидемии COVID-19 в Европе продажи электромобилей существенно возросли (на 137% по сравнению с 2019 г.), и в качестве факторов этого выделяются субсидии на основе «зеленых» фондов восстановления, ужесточение экологических требований к автотранспорту, а также интенсивное продвижение электромобилей. Свою роль играют и факторы предложения: появление новых моделей электромобилей и их доступность в автосалонах оказывают положительное влияние на темпы продаж, в то же время ограничения в предложении со стороны национальных производителей могут снижать эти темпы, как это и случилось в эпидемию COVID-19 в Китае и Северной Америке [11].

Можно ожидать, что, вследствие доминирования тенденции к электрификации, в развитых странах и Китае новые разработки будут осуществляться и адаптироваться в основном под технологии, связанные с электромобилями [12]. Другие технологические тренды на автомобильном транспорте – автоматическое управление, коммуникация автомобиль-автомобиль и автомобиль-инфраструктура, технологии совместного использования – могут быть успешно внедрены на электрифицированных автомобилях, более того, ускорены в результате их распространения [13]. А потому производства, основанные на традиционных технологиях, могут столкнуться со снижением темпов технологического развития.

Скорость электрификации парка легковых автомобилей является следствием взаимодействия нескольких компонентов. *С одной стороны*, она определяется изменениями спроса на новую транспортную технологию. Этот спрос может быть создан разными субъектами и по разным причинам. Во-первых, важную поддержку спросу

<sup>4</sup> URL: <https://robbieandrew.github.io/EV/>

<sup>5</sup> В.В. Семикашев, А.Ю. Колпаков, А.А. Яковлев, Й.-К. Ростовский. Развитие рынка электромобилей в России как необходимое условие получения выгод от глобального тренда на электрификацию транспорта // Проблемы прогнозирования. 2022. № 3 (192). С. 52-63.

<sup>6</sup> По данным Системного оператора ЕЭС России на 2021 г.

<sup>7</sup> См. сноску 5.

может оказать привлекательное соотношение цена-качество [14]. В ретроспективе основным фактором, увеличивавшим стоимость электромобиля по сравнению с автомобилем с ДВС, являлся аккумулятор. Однако она постоянно снижается: за период с 2010 по 2019 г. средневзвешенная стоимость литий-ионных батарей снизилась на 87%, при этом емкость аккумуляторов и скорость их зарядки растут. Расчеты исследователей [15-17] показывают, что до 2030 г. стоимость нового электромобиля будет ниже стоимости нового автомобиля с ДВС. Особенно это может быть актуально в условиях изоляции или ограниченного импорта технологий. Если в цену автомобиля с ДВС заложены издержки, связанные с этими ограничениями, а электромобили базируются на доступных отечественных технологиях, то их стоимость может быть существенно ниже. Дополнительным фактором, повышающим ценовую привлекательность электромобилей, может выступать субсидирование их покупок государством [18]. Во-вторых, на спрос могут влиять расположенность и доверие автомобилистов к новой технологии. У электромобилей в российском информационном поле невысокая репутация, а потребители могут ожидать эксплуатационных проблем (отсутствие зарядных станций, малый запас хода, быстрая разрядка в холодное время года и т. д.). Однако при этом озабоченность экологической проблематикой постепенно растет<sup>8</sup>. По мере повышения этой озабоченности, а также создания благоприятного имиджа электромобилей и разрушения стереотипов спрос может возрастать [19]. В-третьих, на спрос могут воздействовать регуляторные механизмы, например, разрешение на использование выделенных полос или бесплатный проезд на платных участках дорог, бесплатная парковка и т. д. Уже в настоящее время действует закон об отмене налога для владельцев электромобилей, бесплатная парковка в Москве и Московской области, а также с 2020 г. государство предоставляет 25-процентную скидку на покупку электромобиля. [20] Эти механизмы могут приводить к удобству и экономическому выигрышу и также благоприятно влиять на потребительский выбор. Вместе с тем, еще одним препятствием для успешной электрификации парка автомобилей является неразвитость зарядной инфраструктуры, ограничивающая возможности передвижения на расстояния более 200 км. [20]. Недостаток общественных зарядных станций может быть компенсирован частными медленными зарядками. На данный момент именно они являются основным источником зарядки не только в России, но и в мире<sup>9</sup>. Согласно принятой в 2021 г. «Концепции по развитию производства и использования электрического автомобильного транспорта в Российской Федерации на период до 2030 года» (далее – Концепция), планируется активное развитие зарядной инфраструктуры – от 1180 медленных и 580 быстрых зарядных станций в 2021 г. до 8570 и 5720 соответственно в 2030 г. Существует и климатическая проблема, которая также мешает внедрению электромобилей в России. В холодное время года из-за понижения температуры реагентов сокращается запас хода [20]. Мерами продвижения электромобилей могут служить: субсидирование при покупке; снижение или отмена транспортного налога; привилегии на дороге (разрешение использовать выделенные полосы, бесплатный проезд по платным федеральным трассам); субсидирование развития зарядной инфраструктуры; льготное автокредитование; снижение или отмена платы за парковку; снижение утилизационного сбора; субсидии лизинговым компаниям при лизинге электромобилей и др.<sup>10</sup>

С другой стороны, электрификация автопарка связана с изменениями в производстве и вводе новых мощностей. В настоящее время существуют несколько заводов по производству литий-ионных аккумуляторов: АО «Энергия» в г. Елец (мощность

<sup>8</sup> URL: <https://trends.rbc.ru/trends/green/5fa40ca19a794789f86c477c>

<sup>9</sup> См. сноску 5.

<sup>10</sup> Концепция развития электротранспорта в России / Распоряжение правительства №2290-р от 23 августа 2021 г.

около 44 МВт·ч), Лиотех-Инновации в с. Толмачево Новосибирской области (мощность 60-100 МВт·ч<sup>11</sup>, при этом проектная мощность заявлялась в 1 ГВт·ч), Нэтер в г. Казани. Следует отметить, что эти мощности, в основном, направлены на удовлетворение спроса на накопители энергии со стороны общественного транспорта. Также планируются вводы новых мощностей по производству аккумуляторов. Компания «РЭНЕРА» (входит в состав Росатома) строит завод в Калининградской области, который планируют запустить в 2025 г., в 2030 г. его мощность составит не менее 4 ГВт·ч (45-65 тыс. электромобилей) в год<sup>12</sup>. При наличии спроса производство может быть увеличено в 4 раза. Елабужский аккумуляторный завод планирует выпускать литий-титанатные аккумуляторы по мере формирования спроса на них<sup>13</sup>. В России более десятка крупных аккумуляторных заводов, и в перспективе они также могут быть производителями литий-ионных батарей.

Технологии производства катодных материалов (NMC622 и NMC811), необходимых для производства аккумуляторов, разрабатываются на базе Сколковского института науки и технологий и МГУ им. М.В. Ломоносова, а их производством занимается ООО «Рустор» (стартап Сколковского института науки и технологий). Текущая мощность производства – менее 1 т в год, однако уже развернуты опытные линии сборки ячеек литий-ионных аккумуляторов, а также существует кадровый потенциал для организации более масштабного производства. Следует учитывать, что, согласно Концепции, для производства мощности аккумуляторов 1 ГВт·ч в год требуется 1,7 тыс. т катодных материалов. Сырье, необходимое для производства этих материалов, производится в России, цены сравнимы со средними ценами на китайском рынке. Запасы редкоземельных металлов в России составляют до 25% мировых запасов и способны удовлетворить внутренний спрос. В России расположены запасы примерно 10% мировых объемов никеля, большая часть которого – первого «катодного» класса; 3% кобальта производятся ГМК «Норильский никель»; ресурсы лития оцениваются в 1-1,5 млн т, и в данный момент используется менее 0,1% этих ресурсов. Новосибирский завод химкомпонентов производит литиевую продукцию<sup>14</sup>, однако в настоящее время из-за спада спроса и зависимости от импортных поставок загружена только 1/9 часть мощностей<sup>15</sup>. Что же касается литиевого сырья, которое на данный момент импортируется<sup>16</sup>, то уже к 2026 г. в России планируется запустить первый проект по его производству. Также ООО «Полярный литий» (совместное предприятие горнорудного дивизиона Росатома и «Норильского никеля») планирует разработку Колмозерского месторождения в Мурманской области с мощностью 45 тыс. т в год карбоната лития к 2030 г.<sup>17</sup>

На данный момент сектор производства электротранспортных средств представлен электробусами (КАМАЗ, ГАЗ, Волгабас), электромотоциклами (Калашников) и электромобилями. Электромобили представлены опытными образцами «КАМА-1» (КАМАЗ и СБППУ), «GAZelle e-NN» (группа «ГАЗ»), Zetta («Зетта» г. Тольятти). Серийное производство и продажи в 2022 г. запустил «Моторинвест» (марка Evolute): к 2025 г. планируется выпуск 18 тыс. шт. Москвич планирует выпускать к 2025 г. 25 тыс. шт., Автоваз – 5,8 тыс. шт., «Автотор» – 2,2 тыс. шт., ГАЗ – менее 1 тыс. шт.<sup>18</sup>.

<sup>11</sup> URL: <https://www.kommersant.ru/doc/5155761>

<sup>12</sup> URL: <https://kaliningrad.rbc.ru/kaliningrad/17/03/2022/623332479a79475d497b3346>

<sup>13</sup> URL: <https://www.drive2.ru/b/490621330840879827>

<sup>14</sup> URL: <https://www.nccp.ru/>

<sup>15</sup> URL: <https://www.kommersant.ru/doc/5940087>

<sup>16</sup> И.-К. Ростовский Влияние развития электромобилей на потребление энергоресурсов: риски и возможности для экономики России // Проблемы прогнозирования. 2023. № 3. С. 106-119.

<sup>17</sup> URL: <https://tass.ru/ekonomika/17560207>

<sup>18</sup> URL: <https://www.autonews.ru/news/63e5fa9a7947813a3e2bf2>

**Сценарии и схема расчета.** Расчет объема производства электромобилей, зарядной инфраструктуры, требуемых мощностей по производству аккумуляторов и катодных материалов, а также затрат бюджета проводится в трех сценариях.

В основе сценария 1 лежит гипотеза о том, что основной прирост продаж электромобилей будет происходить после 2035 г. Такая гипотеза связывается с возможной консервативной политикой российских автопроизводителей и отсутствием достаточной государственной поддержки электрификации в период 2023-2030 гг. Тем не менее, ожидается, что даже в этом сценарии рост производства электромобилей неизбежен в долгосрочной перспективе. В основу сценария 2 заложен сбалансированный сценарий, представленный в Концепции. В его рамках предполагается, что уже в 2030 г. доля электротранспортных средств на рынке в Российской Федерации составит 15%. При этом для легковых автомобилей мы исходим из гипотезы об их доле на рынке в 13,2% к 2030 г. с дальнейшим ее повышением. В основу сценария 3 закладываются гипотезы о том, что конструкционная простота электромобилей позволит им стать основой расширения национального производства традиционных автомобилей и опережающего роста рынка электромобилей (табл. 1).

Таблица 1

Доля электромобилей в продажах в зависимости от сценария, %

Год	Сценарий 1	Сценарий 2	Сценарий 3
2025	3	3	3
2030	7	13	13
2035	10	20	25
2040	15	25	35
2045	20	30	50

Источник: расчеты авторов.

Расчет проводится в несколько этапов.

На первом этапе оценивается объем рынка легковых автомобилей с помощью определения темпов прироста продаж ( $TempSales_t$ ) на период 2026-2045 гг. по формуле:

$$TempSales_t = a \cdot Income\$_t + b, \quad (1)$$

где  $Income\$_t$  – темп прироста среднедушевых номинальных доходов населения, выраженных в долларовом эквиваленте, в период  $t$ ;  $Income\$_t = \frac{1+Income\epsilon_t}{1+Index\$_t} - 1$ ;  $Income\epsilon_t$  – темп прироста среднедушевых номинальных доходов населения в период  $t$ ;  $Index\$_t$  – темп прироста курса долл./руб. в период  $t$ ;  $a = 1,20$ ,  $b = -0,03$  – коэффициенты уравнения регрессии, полученные на основе данных за период 2007-2021 гг.

На периоде 2023-2025 гг. объем рынка легковых автомобилей оценивается с помощью линейной интерполяции между 2022 и 2026 г.

На втором этапе оцениваются объемы рынка, производства и парка электромобилей. Для этого на основе гипотез о доле электромобилей (в зависимости от сценария) рассчитываются продажи электромобилей, а гипотез о доле импорта в них – объем их внутреннего производства ( $ProdEl_t$ ) и импорта ( $ImportEl_t$ ). На основе гипотез о выбытии электромобилей оценивается их парк ( $FleetEl_t$ ) по формуле:

$$FleetEl_t = \frac{FleetEl_{t-1} + SalesEl_t}{1 + WithDrLevelEl_t}, \quad (2)$$

где  $SalesEl_t$  – продажи легковых электромобилей (новых и импортированных поддержанных) в год  $t$ ;  $WithDrLevelEl_t$  – уровень выбытия легковых электромобилей в году  $t$ .

На третьем этапе оцениваются необходимые объемы зарядной инфраструктуры, а также капитальных и операционных затрат на ее обеспечение. При оценке развития инфраструктуры электростанций мы исходим из положений Концепции. При этом используется соотношение между парком электромобилей и количеством зарядных станций, приведенное в рамках сбалансированного сценария (на период с 2023 по 2030 г.). Кроме того, исходным является нормативное утверждение Концепции о том, что на каждые 100 единиц электротранспортных средств требуется 10 зарядных станций, 6 из которых медленные<sup>19</sup>, а 4 – быстрые.

Количество зарядных станций ( $Charge_t$ ), находящихся в эксплуатации в данный год  $t$ , вычисляется как:

$$Charge_t = FleetEl_t \cdot \frac{ChargePerEl_t}{100}, \quad (3)$$

где  $ChargePerEl_t$  – число зарядных станций на 100 электромобилей.

Количество зарядных станций ( $ImpCharge_t$ ), вводимых в эксплуатацию в году  $t$ , определяется как:

$$ImpCharge_t = Charge_t - Charge_{t-1}. \quad (4)$$

Количество зарядных станций и их ввод определяется также отдельно для быстрых и медленных зарядок исходя из соотношения 4 к 6.

При оценке затрат на обеспечение зарядной инфраструктуры мы учитываем два их вида: капитальные (на приобретение и установку) и операционные (на поддержание). При оценке капитальных затрат принимаем стоимость одной быстрой зарядной станции равной 3 млн руб. (включая затраты на монтаж), стоимость медленной – 150 тыс. руб.<sup>20</sup>

При оценке затрат на эксплуатацию зарядной инфраструктуры мы также исходим из оценок Концепции: от 80 до 120 тыс. руб. (в среднем 100 тыс. руб.) в год на медленную и 150-300 тыс. руб. (в среднем 225 тыс. руб.) в год – на быструю зарядку.

Затраты на зарядную инфраструктуру ( $CostCharge_t$ ) в конкретный год  $t$  определяются как:

$$CostCharge_t = ImpCharge_t \cdot ImpCost + Charge_t \cdot UsageCost, \quad (5)$$

где  $ImpCost$  – капитальные затраты на одну станцию (2,5 млн руб. – для быстрых станций и 250 тыс. руб. – для медленных);  $UsageCost$  – операционные затраты на одну станцию (225 тыс. руб. – для быстрых станций и 100 тыс. руб. – для медленных).

На четвертом этапе вычисляется объем производства в отдельных смежных отраслях, связанный с производством электромобилей.

На основе полученных на втором этапе оценок внутреннего производства электромобилей ( $ProdEl_t$ ) оценивается необходимая совокупная мощность аккумуляторов. Емкость одной батареи меняется в пределах от 30 кВт·ч (Nissan Leaf первого поколения) до 78 кВт·ч (Tesla Model 3 с увеличенным запасом хода). В ретроспективе она увеличивалась: так, емкость батареи Nissan Leaf на моделях последнего поколения возросла до 62 кВт·ч<sup>21</sup>. Мы закладываем гипотезу, что основу рынка электромобилей составят бюджетные автомобили с небольшим запасом хода (от 25 до 50 кВт·ч), при этом в перспективе до 2045 г. ожидаемое увеличение средней емкости составляет два раза.

<sup>19</sup> 44 кВт, время зарядки до 40% – от 2 часов.

<sup>20</sup> URL: <https://touch-station.com/blog/commercial-charging-stations-costs>

<sup>21</sup> URL: <https://avtobond.ru/elektromobili/elektromobili-nissan/batareya-nissan-lif-harakteristiki-resurs/>

Необходимая совокупная мощность накопителей ( $Watt_t$ ) оценивается по формуле:

$$Watt_t = ProdEl_t \cdot WattEl, \quad (6)$$

где  $WattEl$  – средняя емкость аккумулятора одного электромобиля.

Масса необходимых катодных материалов ( $MKM_t$ ) рассчитывается по формуле:

$$MKM_t = Watt_t \cdot WattToMKM, \quad (7)$$

где  $WattToMKM$  – масса катодных материалов, необходимых для производства 1 ГВт·ч емкости (на периоде 2023-2045 гг. принята (в соответствии с Концепцией) равной 1,7 тыс. т).

На территории России производится 11,3% мирового никеля и 6,3% мирового кобальта, большая их часть идет на экспорт. При этом литий в настоящее время в России не добывается, однако существуют планы по развитию его добычи в Мурманской и Иркутской обл. совместно компаниями «Норникель» и «Росатом» [3]. В связи с этим оценка массы требуемого лития представляет наибольший интерес. Расчет требуемого объема лития производился на основе данных о текущих затратах лития на производство батареи для автомобилей Tesla Модель S<sup>22</sup>.

**Результаты.** В табл. 2 представлены данные по автомобилизации населения России в перспективе и гипотезы относительно доли импорта на рынке электромобилей. Ожидается постепенное восстановление рынка автомобилей после кризиса 2022 г. (до 2 млн ед. к 2026 г.) и дальнейший его рост со среднегодовым темпом около 3% в год. При этом в перспективе 2045 г. ожидается выход России по числу легковых автомобилей на 1000 чел. на текущие показатели развитых стран и переход на стадию зрелой автомобилизации, для которой характерны более медленные темпы прироста парка и постепенное насыщение рынка легковых автомобилей.

Таблица 2

Показатели автомобилизации в России и гипотезы относительно доли импорта на рынке электромобилей

Показатель	2022 г.	2025 г.	2035 г.	2045 г.
Парк легковых автомобилей, млн ед.	48	51	63	76
Число легковых автомобилей на 1000 чел., ед.	329	347	437	538
Продажи легковых автомобилей, млн ед.	0,9	1,8	2,7	3,7
Доля импорта на рынке электромобилей, %	92	68	27	20

Источник: расчеты авторов.

В настоящее время доля импорта среди электромобилей довольно велика. Единственным отечественным игроком на этом рынке выступает Eolute, который начал продажи осенью 2022 г., и к концу года они составили 252 ед. Однако по мере появления новых игроков (Москвич, Автотор, КАМАЗ, Атом, Автоваз) ожидается постепенное снижение этой доли до 20%<sup>23</sup>.

Постепенный рост продаж электромобилей позволит выйти на показатели, сопоставимые с уровнем продаж автомобилей в настоящее время (табл. 3), однако этот рост должен быть обеспечен двумя важными компонентами.

С одной стороны, растет парк электромобилей (к 2045 г. – до 6-14 млн ед.), что требует их обеспечения зарядными станциями. С другой стороны, для этого роста

<sup>22</sup> URL: <https://hackaday.com/2020/11/30/lithium-what-is-it-and-do-we-have-enough/>

<sup>23</sup> Такова была средняя доля на российском рынке автомобилей с ДВС за последние 10 лет с учетом импорта поддержанных автомобилей.

в случае, если доминирование импортных автомобилей неприемлемо, необходима организация собственного производства электромобилей и, как следствие, обеспечение мощностями по производству накопителей электрической энергии.

Таблица 3

## Прогнозная оценка продаж, парка и отечественного производства электромобилей

Показатель	Год	Сценарий 1	Сценарий 2	Сценарий 3
Продажи электромобилей, тыс. ед.	2025	63	63	63
	2030	165	310	310
	2035	274	549	686
	2045	746	1120	1866
Парк электромобилей, млн ед.	2025	0,1	0,1	0,1
	2030	0,7	1,1	1,1
	2035	1,7	3,1	3,5
	2045	5,8	9,7	13,6
Производство электромобилей, тыс. ед..	2025	20	20	20
	2030	115	217	217
	2035	201	402	503
	2045	597	896	1493

Источник: расчеты авторов.

Создание собственного сектора производства электромобилей может не только положительно сказаться на развитии отечественной обрабатывающей промышленности, обеспечить большее количество рабочих мест и дополнительный спрос на продукцию смежных отраслей, но и способствовать ускоренной электрификации автопарка России. Это, в свою очередь, может создать положительную обратную связь: способствовать более активному продвижению электромобилей на рынках, созданию их позитивного образа в информационном пространстве, провоцировать дискуссии о создании «зеленых» фондов и т. д.

В табл. 4 приводятся прогнозные оценки объема зарядных станций и общих затрат на их обустройство.

Таблица 4

## Прогнозные оценки объема и затрат на зарядную инфраструктуру

Показатель	Год	Сценарий 1	Сценарий 2	Сценарий 3
Производство зарядных станций, тыс. ед.	2025	7	7	7
	2030	7	14	14
	2035	21	43	53
	2045	70	104	174
Наличие зарядных станций, тыс. ед.	2025	16	16	16
	2030	47	73	73
	2035	131	238	267
	2045	584	973	1363
Затраты на зарядные станции (капитальные и операционные), млрд руб., цены 2022 г.	2025	12	12	12
	2030	16	29	29
	2035	47	90	107
	2045	178	282	432

Источник: расчеты авторов.

Обустройство зарядной инфраструктуры, согласно Концепции развития электро-транспорта, должно идти опережающими темпами по сравнению с ростом парка, поэтому соотношение числа зарядок на 100 автомобилей с 2023 по 2025 г. достигает 15 с постепенным снижением до 6,5 к 2030 г. К 2045 г. мы закладываем гипотезу



роста этого показателя до 10. Это должно обеспечить удобство и комфортность зарядки электромобилей по мере того, как они станут распространенным и привычным видом транспорта. На основе этих гипотез к 2045 г. количество зарядок оценивается примерно в 600-1400 тыс. ед. (в зависимости от сценария), а их ежегодные установки в 70-174 тыс. ед. Расчет стоимости зарядной инфраструктуры производился, исходя из гипотезы, что 40% из них быстрые, а значит, более дорогостоящие как в установке, так и эксплуатации. К 2045 г., по оценкам, затраты могут составить до 432 млрд руб. (в ценах 2022 г.), из них до 228 млрд руб. – на установку новых зарядных станций, и 204 млрд руб. – на поддержание существующей инфраструктуры; накопленным итогом затраты составят от 1,4 до 3,1 трлн руб. (в зависимости от сценария). Финансирование обустройства зарядных станций может проводиться из разных источников, не только за счет государства. Во-первых, обустройство медленных зарядок может стать ответственностью покупателей электромобилей (субсидируемой на первых этапах). Во-вторых, в обустройстве зарядных станций могут быть заинтересованы традиционные АЗС. В-третьих, бизнес (работодатели, торговые центры) может создавать собственную зарядную инфраструктуру аналогично парковкам.

В табл. 5 приводятся прогнозные оценки требуемых мощностей по производству аккумуляторов и сырья для их производства.

Таблица 5

Прогнозные оценки требуемых мощностей по производству аккумуляторов и сырья для их производства

Показатель	Год	Сценарий 1	Сценарий 2	Сценарий 3
Мощности по производству накопителей, ГВт·ч	2025	1	1	1
	2030	6	11	11
	2035	12	24	30
	2045	45	68	113
Масса катодных материалов NMC, тыс. т	2025	1	1	1
	2030	10	19	19
	2035	20	41	51
	2045	77	116	193
Объем производства чистого лития, тыс. т	2025	1	1	1
	2030	5	10	10
	2035	11	22	27
	2045	41	61	102

Источник: расчеты авторов.

Совокупные заявленные объемы производства аккумуляторов отечественных компаний к 2030 г. оцениваются в 5 ГВт·ч («РЭНЕРА», «Энергия», «Лиотех-инновации»), при этом они могут быть увеличены до 17 ГВт·ч, что покрывает возможные потребности в накопителях во всех рассматриваемых сценариях. Однако в дальнейшем, уже в перспективе 2035 г. при условии самообеспечения ожидается потребность в их увеличении. Планируемый объем производства карбоната лития к 2030 г. на Колмозерском месторождении оценивается в 45 тыс. т в год. (8,5 тыс. т чистого лития без учета потерь), что также позволяет покрыть потребность в металле в большей степени за счет собственного производства. При этом в сценариях 2 и 3 в перспективе потребуется его рост (при гипотезах неизменной или снижающейся доли импорта).

**Заключение.** Электрификация автопарка и ее темпы могут быть в существенной мере зависимы от элементов государственной политики. Транспортная политика может затрагивать как спрос населения, так и предложение. Несовпадения спроса на новые технологии и их предложения могут приводить к проблемам развития отрасли и ее сбалансированности. В случае разворачивания сценариев к снижению изоляции и возврата

экономики к свободному обмену товарами несбалансированность может протекать следующим образом. Если спрос на новые технологии будет в существенной мере обгонять их предложение, возникнет реализация основной угрозы в настоящее время – доминирующее место на новых рынках будут занимать транснациональные зарубежные компании. В обратном случае производители могут оказаться в ситуациях, когда будет необходимо наращивать экспортную экспансию и конкурировать с транснациональными компаниями за рубежом (например, на рынках СНГ), или же снижать уровень производства. При все возрастающей изоляции автомобильный рынок может обладать чертами закрытого рынка, и тогда несбалансированность спроса и предложения будет чревата проблемами дефицита или перепроизводства.

Российский рынок может быть крайне привлекательным для производителей электромобилей. В частности, в настоящее время скорость электрификации парка в России в разных регионах определяется близостью к международным автомобильным рынкам. Например, на Приморский край приходится восьмая часть всего парка электрических легковых автомобилей в России (на середину 2021 г. – это 1572 электромобиля, в то время как в России всего 12290 таких автомобилей<sup>24</sup>). Этот факт свидетельствует о том, что постепенно формирующийся спрос на электромобили может быть удовлетворен из разных источников, одним из которых могут служить подержанные иномарки, а их производители выступают конкурентами для отечественных производителей электромобилей.

Эти же процессы могут наблюдаться и на рынках накопителей энергии и сырья для них. В настоящее время основное производство литий-ионных аккумуляторов представлено компаниями из Китая, США, Японии, Южной Кореи и Японии, основные инновации (в частности, натрий-ионные аккумуляторы) также сосредоточены в этих странах. Компании из Китая, США и Чили являются крупнейшими поставщиками литиевого сырья. По мере насыщения основных рынков электромобилей растущий рынок России может быть привлекательным для этих компаний. В сценариях, в которых электрификация является основным драйвером автомобилизации, наращивание мощностей производства аккумуляторов и добыча лития являются единственным способом избежать зависимости от импорта, особенно в долгосрочной перспективе (после 2030 г.).

#### *Литература / References*

1. Pelegov D.V., Chanaron J.J. *Electric Car Market Analysis Using Open Data: Sales, Volatility Assessment, and Forecasting // Sustainability*. 2022. Vol. 15. No.1. Pp. 399-413.
2. Martins L.S., Guimarães L.F., Junior A.B.B., Tenório J.A.S., Espinosa D.C.R. *Electric car battery: An overview on global demand, recycling and future approaches towards sustainability // Journal of environmental management*. 2021. Vol. 295. No. 11309. Pp. 1-16.
3. Narins T.P. *The battery business: Lithium availability and the growth of the global electric car industry // The Extractive Industries and Society*. 2017. Vol. 4. No.2. Pp. 321-328.
4. Helmers E., Weiss M. *Advances and critical aspects in the life-cycle assessment of battery electric cars // Energy and Emission Control Technologies*. 2017. Vol. 5. No. 1. Pp. 1-18.
5. Shen W., Han W., Wallington T.J., Winkler S.L. *China electricity generation greenhouse gas emission intensity in 2030: implications for electric vehicles // Environmental science & technology*. 2019. Vol. 53. No. 10. Pp. 6063-6072.
6. Ağbulut Ü., Bakır H. *The investigation on economic and ecological impacts of tendency to electric vehicles instead of internal combustion engines // Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*. 2019. Vol. 7. No. 1. Pp. 25-36.
7. Prior T., Wäger P.A., Stamp A., Widmer R., Giurco D. *Sustainable governance of scarce metals: The case of lithium // Science of the total environment*. 2013. No. 461. Pp. 785-791.
8. Eckart J. *Batteries can be part of the fight against climate change—if we do these five things // World Economic Forum*. 2017. Vol. 28.
9. Timmers V.R., Achten P.A. *Non-exhaust PM emissions from battery electric vehicles, in book Non-exhaust emissions*. 2018. Pp. 261-287.
10. Haddad L., Aouachria Z. *Impact of the transport on the urban heat island // International Journal of Environmental and Ecological Engineering*. 2015. Vol. 9. No. 8. Pp. 968-973.

<sup>24</sup> URL: <https://www.newsvl.ru/vlad/2021/10/06/203242/>

11. Wen W., Yang S., Zhou P., Gao S.Z. Impacts of COVID-19 on the electric vehicle industry: Evidence from China // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2021. Vol. 144. No. 111024.
12. Müller J.M. Comparing technology acceptance for autonomous vehicles, battery electric vehicles, and car sharing-A study across Europe, China, and North America // *Sustainability*. 2019. Vol. 11 (16). No. 4333. Pp. 1-17.
13. Dupray V., Otto P., Yakovlev A. The future of mobility. November 2019. URL: <https://www.ipsos.com/sites/default/files/ct/publication/documents/2019-11/the-future-of-mobility-autonomous-electric-shared.pdf>
14. Scorrano M., Danielis R., Giansoldat M. Dissecting the total cost of ownership of fully electric cars in Italy: The impact of annual distance travelled, home charging and urban driving // *Research in Transportation Economics*. 2020. Vol. 80. No. 10079. Pp. 1-11.
15. Mauler L., Duffner, F., Zeier W.G., Leker J. Battery cost forecasting: a review of methods and results with an outlook to 2050 // *Energy & Environmental Science*. 2021. Vol. 14. No. 9. Pp. 4712-4739.
16. Сияк Ю.В. Проблемы конкурентоспособности новых технологий в легковом автотранспорте (ДВС-Электромобиль-Водородный автомобиль с топливным элементом). ИИП РАН, 2019 // URL: <https://ecfor.ru/publication/sravnenie-konkurentosposobnosti-novyh-tehnologij-v-legkovom-avtotransporte/> [Sinjak Ju.V. Problemy konkurentosposobnosti novyh tehnologij v legkovom avtotransporte (DVS-Jelektromobil'-Vodorodnyj avtomobil' s toplivnym jelementom). INP RAN. 2019. (In Russ.)]
17. Goetzel N., Hasanuzzaman M. An empirical analysis of electric vehicle cost trends: A case study in Germany // *Research in Transportation Business & Management*. 2022. Vol. 43. No. 100825. Pp. 1-19.
18. Macioszek E. The role of incentive programs in promoting the purchase of electric cars—review of good practices and promoting methods from the world. In book: *Research Methods in Modern Urban Transportation Systems and Networks*, 2021. Pp. 41-58.
19. Danielis R., Rotaris L., Giansoldat, M., Scorrano M. Drivers' preferences for electric cars in Italy. Evidence from a country with limited but growing electric car uptake // *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 2020. Vol. 137. Pp. 79-94.
20. Рудченко В.М. Проблемы запуска проекта электромобилей на российском рынке // *E-Scio*. 2020. № 9 (48). С. 614-619. [Rudchenko V.M. Problemy zapuska proekta jelektromobilej na rossijskom rynke // *E-Scio*. 2020. No. 9 (48). S. 614-619. (In Russ.)]



Статья поступила в редакцию 24.07.2023. Статья принята к публикации 30.08.2023.

**Для цитирования:** С.Р. Милякин, Н.Д. Скубачевская. Перспективы автомобилизации на базе отечественных электромобилей: анализ и сценарный прогноз // *Проблемы прогнозирования*. 2024. № 1 (202). С. 132-143.  
DOI: 10.47711/0868-6351-202-132-143

## Summary

### PROSPECTS FOR MOTORIZATION BASED ON DOMESTIC ELECTRIC VEHICLES: ANALYSIS AND SCENARIO FORECAST

**S.R. MILYAKIN**, Cand. Sci. (Econ.), Institute of Economic Forecasting, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

ORCID: 0000-0002-3770-7785

**N.D. SKUBACHEVSKAYA**, Institute of Economic Forecasting, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

ORCID: 0000-0001-9490-8156

**Abstract:** The article is devoted to the analysis of the possibilities of modernizing the automotive industry through the electrification of passenger vehicles. The benefits and risks of such modernization are analyzed, the main factors determining this transition are highlighted, and the necessary transport policy is described. Several scenarios are considered, differing in the degree of electrification development. Forecasting and analytical tools are presented for building prospects for the production of electric vehicles, the required volume of charging infrastructure and the costs for it, as well as the capacity of energy storage devices and the necessary supply of lithium raw materials. The volumes of these indicators are estimated in different scenarios.

**Keywords:** electric cars, automotive industry, scenarios, forecast.

Received 24.07.2023. Accepted 30.08.2023.

**For citation:** *S.R. Milyakin and N.D. Skubachevskaya. Prospects for Motorization Based on Domestic Electric Vehicles: Analysis and Scenario Forecast // Studies on Russian Economic Development. 2024. Vol. 35. No. 1. Pp. 91–98.*

DOI: 10.1134/S1075700724010118