

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 338.45

JEL L11, Q31, L62

DOI 10.26425/2658-3445-2026-9-1-136-151

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СПРОСА НА ПАЛЛАДИЙ: ФОКУС АВТОМОБИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ



Ссылка на статью

Череповицын Алексей Евгеньевич

Д-р экон. наук, зав. каф. организации и управления

ORCID: 0000-0003-0472-026X

E-mail: aecherepovitsyn@spmi.ru

Мекерова Ирина Андрияновна

Аспирант

ORCID: 0009-0000-5097-3992

E-mail: mekerovairina@yandex.ru

Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Целью настоящего исследования является комплексный анализ ключевых факторов, определяющих динамику глобального спроса на палладий, и разработка прогнозных сценариев его развития до 2040 г. с учетом структурных изменений в автомобильной промышленности. Выявлена зависимость рынка от ужесточения экологических стандартов выбросов, что стимулировало применение палладия в каталитических нейтрализаторах бензиновых двигателей.

Особое внимание уделено структурным сдвигам в автомобильной промышленности, вызванным переходом к электрическому транспорту. Проведенный анализ демонстрирует, что стремительный рост продаж аккумуляторных электромобилей, не использующих палладий, формирует долгосрочную негативную тенденцию для спроса. В то же время установлено, что сегмент гибридных транспортных средств, оснащенных двигателями внутреннего сгорания, остается значительным потребителем металла и выступает ключевым стабилизирующим фактором на рынке. На основе сценарного подхода построены три возможные траектории развития рынка палладия. Расчеты показывают, что совокупный спрос будет определяться балансом между растущим производством гибридных автомобилей и сохраняющимся выпуском традиционных автомобилей с двигателями внутреннего сгорания.

Обоснован вывод о возможном снижении зависимости рынка палладия от автомобильного сектора в долгосрочной перспективе, подчеркнута критическая важность диверсификации спроса за счет развития нового использования металла в водородной энергетике, электронике и химическом синтезе.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Палладий, динамика рынка, автомобильная промышленность, гибридные автомобили, экологическое регулирование, прогнозирование, сценарии развития, потребление

**ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ**

13.10.2025

**ДОРАБОТАНА**

15.12.2025

**ПРИНЯТА К ПУБЛИКАЦИИ**

22.12.2025

**КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

**ФИНАНСИРОВАНИЕ**

Исследование выполнено без спонсорской поддержки

**ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ**

Череповицын А.Е., Мекерова И.А. Прогнозирование спроса на палладий: фокус автомобильной промышленности // E-Management. 2026. Т. 9, № 1. С. 136–151.



Статья доступна по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

© Череповицын А.Е., Мекерова И.А., 2026.

SCIENTIFIC ARTICLE

FORECASTING THE PALLADIUM DEMAND: AUTOMOTIVE INDUSTRY FOCUS


[Link to the article](#)

Alexey E. Cherepovitsyn

Dr. Sci. (Econ.), Head of the
ORCID: 0000-0003-0472-026X
E-mail: aecherepovitsyn@spmi.ru

Irina A. Mekerova

Postgraduate Student
ORCID: 0009-0000-5097-3992
E-mail: mekerovairina@yandex.ru

Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University, St. Petersburg, Russia

ABSTRACT

The purpose of the study is a comprehensive analysis of the key factors determining the dynamics of global demand for palladium, as well as the creation of forecast scenarios for its development until 2040, considering structural changes in the automotive industry. The market's dependence on stricter environmental emission standards has been revealed, which stimulated the use of palladium in catalytic converters of gasoline engines.

Special attention has been paid to the structural shifts in the automotive industry caused by the transition to electric transport. The analysis has demonstrated that the rapid growth in sales of palladium-free battery electric vehicles is creating a long-term negative trend for demand. At the same time, it has been established that the segment of hybrid vehicles equipped with internal combustion engines remains a significant consumer of metal and acts as a key stabilizing factor in the market. Based on the scenario approach, three possible trajectories of the palladium market development have been constructed. Calculations has shown that aggregate demand will be determined by the balance between the growing production of hybrid vehicles and the continued production of traditional vehicles with internal combustion engines.

The conclusion about a possible reduction in the palladium market's dependence on the automotive sector in the long term has been substantiated. The critical importance of demand diversification through developing new uses for the metal in hydrogen energy, electronics, and chemical synthesis has been emphasized.

KEYWORDS

Palladium, market dynamics, automotive industry, hybrid vehicles, environmental regulation, forecasting, development scenarios, consumption



RECEIVED
13.10.2025



REVISED
15.12.2025



ACCEPTED
22.12.2025



CONFLICT OF INTEREST
The authors declare that there is no conflict of interest



FINANCING
The study was carried out without sponsorship



FOR CITATION
Cherepovitsyn A.E., Mekerova I.A. (2026) Forecasting the palladium demand: automotive industry focus. E-Management, vol. 9, no. 1, pp. 136–151. DOI: 10.26425/2658-3445-2026-9-1-136-151



This is an open access article under the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

© Cherepovitsyn A.E., Mekerova I.A., 2026.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Современная мировая экономика демонстрирует высокую степень зависимости от стратегически важных сырьевых ресурсов, среди которых особое место занимает палладий. благородный металл обладает уникальными физико-химическими свойствами, что определяет его широкое применение в промышленности, прежде всего в автомобильном секторе. На протяжении последних десятилетий именно автомобильная промышленность формировала основной объем мирового спроса на палладий благодаря его ключевой роли в производстве каталитических нейтрализаторов, используемых для снижения вредных выбросов бензиновых двигателей.

Однако в условиях глобального энергетического перехода и активного внедрения «зеленых» технологий структура мирового спроса на металлы претерпевает существенные изменения. Ужесточение экологических стандартов, рост производства электромобилей и развитие альтернативных источников энергии создают новые возможности для рынка палладия, ставя под сомнение его важную роль в автомобильной отрасли. В то же время сохраняющееся значение гибридных транспортных средств, а также перспективы применения палладия в водородной энергетике и электронике формируют новые направления устойчивого спроса.

Актуальность темы исследования обусловлена необходимостью глубокого анализа влияния структурных сдвигов в мировой автомобильной промышленности на динамику и перспективы спроса на палладий. Изменения в отраслевой структуре потребления металла требуют пересмотра существующих прогнозных подходов и выработки сценариев развития рынка в долгосрочной перспективе.

Объектом исследования является мировой рынок палладия с фокусом на автомобильную промышленность.

Предметом исследования выступают факторы, определяющие динамику спроса на палладий в контексте трансформации автомобильной промышленности.

Целью настоящего исследования является анализ ключевых факторов и построение прогнозных сценариев глобального спроса на палладий до 2040 г. с учетом структурных изменений в автомобильной промышленности.

Для достижения поставленной цели в работе необходимо решить следующие задачи:

- выявить ключевые факторы, влияющие на динамику спроса на металл;
- оценить воздействие структурных сдвигов в автомобильной промышленности на объем и структуру потребления палладия;
- построить сценарии прогнозирования мирового спроса на палладий до 2040 г.;
- определить возможные направления диверсификации спроса на палладий за счет новых сфер применения.

Научная новизна исследования заключается в комплексной оценке влияния структурной трансформации автомобильной промышленности на долгосрочную динамику спроса на палладий с выделением гибридных транспортных средств как ключевого стабилизирующего сегмента рынка. В отличие от существующих исследований, акцентирующих внимание преимущественно на росте электромобилей, в работе обоснована роль гибридных автомобилей как переходной технологии, способной частично компенсировать сокращение спроса со стороны традиционных автомобилей с двигателями внутреннего сгорания. Кроме того, предложен сценарный подход к анализу рынка палладия, учитывающий одновременно технологические, регуляторные и отраслевые факторы развития автомобильной промышленности.

Развитие спроса на палладий для автокатализаторов напрямую связано с ужесточением экологических норм, которые претерпели значительную эволюцию и продолжают изменяться [Hughes, 2021]. В соответствии с экологическими нормами, принятыми во многих странах, производители вынуждены оснащать двигатели более эффективными каталитическими нейтрализаторами с повышенным содержанием палладия. Экологические стандарты (Euro, Tier, China) требуют от автопроизводителей снижать уровень вредных выбросов. Чем строже нормы, тем больше палладия требуется для создания более эффективных катализаторов. Этот фактор продолжает оказывать давление в сторону роста спроса. В то же время увеличение продаж «чистых» электромобилей, не требующих использования катализаторов, создает противоположную тенденцию и в долгосрочной перспективе может привести к снижению потребности в этом металле¹.

¹ Production, Recycling and Economy of Palladium: A Critical Review. Режим доступа: <https://www.mdpi.com/1996-1944/17/1/45> (дата обращения: 09.10.2025).

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ ИССЛЕДОВАНИЯ / RESEARCH METHODS AND MATERIALS

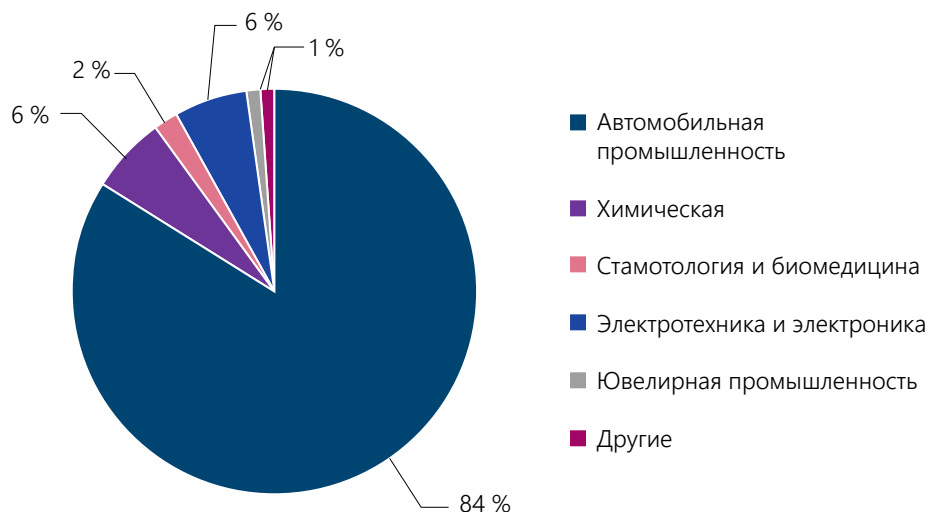
Эмпирическую базу исследования сформировали статистические и аналитические данные международных и отраслевых организаций, включая Международное энергетическое агентство (англ. International Energy Agency, IEA), Международную организацию автопроизводителей (англ. International Organization of Motor Vehicle Manufacturers, OICA), а также специализированные отчеты ведущих аналитических агентств рынка металлов платиновой группы (англ. Johnson Matthey, World Platinum Investment Council). В работе использовались данные по производству, структуре продаж и типам силовых установок автомобилей, включая автомобили с двигателями внутреннего сгорания, гибридные и электрические транспортные средства, а также нормативно-правовые документы, определяющие направления развития транспортной отрасли и экологического регулирования в ключевых регионах мира.

Методологическая основа исследования включает совокупность общенаучных и специальных экономических методов. В рамках анализа динамики спроса на палладий применялись методы экономического и статистического анализа, в том числе анализ временных рядов, структурный и факторный анализ, позволяющие выявить взаимосвязь между изменением структуры автомобильного парка и объемами потребления палладия. Для оценки влияния технологической трансформации автомобильной промышленности использовался сравнительный анализ потребления палладия в зависимости от типа силовой установки транспортных средств.

Прогнозирование перспектив мирового спроса на палладий осуществлялось с использованием сценарного подхода, предусматривающего формирование нескольких альтернативных сценариев развития автомобильной отрасли с учетом темпов распространения электромобилей, гибридных технологий и ужесточения экологических стандартов. В рамках сценарного анализа рассчитывались прогнозные значения потребления палладия на основе экстраполяции выявленных трендов и экспертных оценок отраслевых аналитических агентств. Такой подход позволил учесть неопределенность долгосрочного развития рынка и оценить диапазон возможных траекторий изменения спроса на палладий в средне- и долгосрочной перспективе.

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ НА РЫНОК ПАЛЛАДИЯ / THE IMPACT OF ELECTRIC VEHICLES ON THE PALLADIUM MARKET

В современной глобальной экономике стратегическое значение металлов платиновой группы, в частности палладия, неуклонно возрастает. На настоящее время структура мирового потребления палладия имеет ярко выраженную отраслевую специфику (рис. 1).



Составлено авторами по материалам источника² / Compiled by the authors on the materials of the source²

Рис. 1. Спрос на палладий по видам применения в 2025 г.

Fig. 1. Demand for palladium by application in 2025

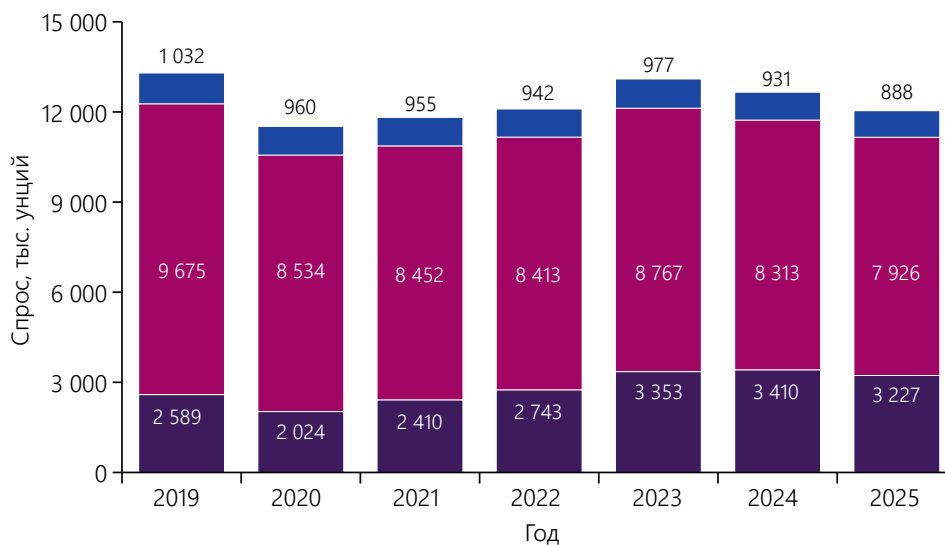
² Johnson Matthey publishes 2025 PGM Market Report. Режим доступа: <https://matthey.com/media/2025/johnson-matthey-publishes-2025-pgm-market-report> (дата обращения: 09.10.2025).

Доминирующей сферой применения является автомобильная промышленность, где металл используется для производства каталитических нейтрализаторов бензиновых двигателей. На этот сектор приходится подавляющая часть спроса (84 %).

Значительная доля металла потребляется в электронной промышленности для создания многослойных керамических конденсаторов и других компонентов (6 %). Кроме того, палладий играет ключевую роль в химической отрасли в качестве катализатора (6 %), а также находит растущее применение в стоматологии (2 %), ювелирном деле (1 %) и перспективных технологиях (водородная и солнечная энергетика, аэрокосмическая и военная промышленность) [Michalek, 2024].

Физико-химические свойства палладия, главным из которых является исключительная каталитическая активность в реакциях окисления, преопределили его стратегическую значимость прежде всего для автомобилестроения. Автомобильный рынок является крупнейшим конечным потребителем металлов платиновой группы. Такая высокая концентрация спроса делает рынок палладия чрезвычайно чувствительным к изменениям в автомобильной отрасли [Ху, 2022].

На рис. 2 прослеживается динамика спроса на платину, палладий и родий со стороны автомобильной промышленности в период с 2019 г. по 2025 г.



Составлено авторами по материалам источника³ / *Compiled by the authors on the materials of the source*³

Рис. 2. Спрос на платину, палладий и родий со стороны автомобильной промышленности с 2019 г. по 2025 г.

Fig. 2. Demand for platinum, palladium and rhodium from the automotive industry from 2019 to 2025

Наиболее значительная динамика наблюдается у палладия, спрос на который демонстрирует отрицательную тенденцию в течение 2019–2025 гг. (исключение — 2023 г). После резкого снижения в 2020 г. потребление этого металла продолжило сокращаться, уменьшившись с 9 675 тыс. унций в 2019 г. до 7 926 тыс. унций в 2025 г., что соответствует снижению примерно на 18 %.

Автомобильные катализаторы, как уже отмечалось, традиционно ассоциируются с двигателями внутреннего сгорания, где они играют ключевую роль в снижении выбросов вредных веществ, таких как оксиды азота (NO_x), оксиды серы (SO_x) и твердые частицы углерода [Choi, 2016].

В настоящее время автомобильная промышленность переживает структурный переход от традиционных двигателей внутреннего сгорания (далее — ДВС) к альтернативным транспортным средствам, включая полностью электрические автомобили (англ. Battery Electric Vehicle, далее — BEV) и гибридные электромобили (англ. Hybrid Electric Vehicle, далее — HEV). Рост интереса к электрическим и гибридным транспортным средствам обусловлен совокупностью факторов: активной поддержкой со стороны государственных структур (в виде субсидий, льгот и инфраструктурных проектов), технологическим прогрессом в области аккумуляторных систем, а также общим стремлением общества к экологически ответственным решениям в сфере транспорта [Li, 2023].

³ Johnson Matthey publishes 2025 PGM Market Report. Режим доступа: <https://matthey.com/media/2025/johnson-matthey-publishes-2025-pgm-market-report> (дата обращения: 09.10.2025).

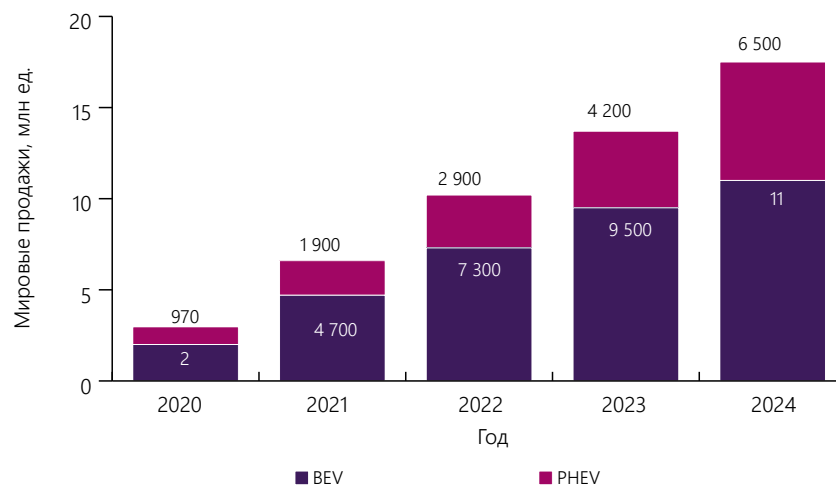
Этот тренд представляет собой перспективную область для анализа, особенно в контексте его возможного влияния на рынок палладия. Дело в том, что электромобилям не нужны каталитические нейтрализаторы — устройства, которые в автомобилях с ДВС предназначены для снижения токсичности выхлопных газов и содержат значительное количество палладия. Поскольку именно автопромышленность является основным потребителем палладия, увеличение доли «чистых» электромобилей на рынке может привести к сокращению спроса на металл.

Соединенные Штаты Америки (далее — США), Япония, Китай, Франция, Швеция, Великобритания, Южная Корея, Германия, Норвегия и Нидерланды являются мировыми лидерами в сфере развития электрического транспорта. Эти страны занимают ведущие позиции в области передовых технологических инноваций и проводят активную государственную политику, нацеленную на сокращение углеродных выбросов и развитие эколого-ориентированной транспортной инфраструктуры. Например, Китай и США входят в число крупнейших мировых рынков электромобилей и гибридов, осуществляя значительные инвестиции в научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы и масштабное производство, что укрепляет их роль в глобальном развитии электрического транспорта [Alanazi, 2023]. Германия, Франция и Нидерланды играют ключевую роль в формировании нормативно-правовой базы и разработке мер государственной поддержки, направленных на развитие зарядной инфраструктуры, для электротранспорта [Babayan, 2024]. Китай, Япония и Южная Корея вносят значительный вклад в разработку аккумуляторных технологий и организации эффективного производства электромобилей, что подтверждает их важную роль в глобальном переходе к электрическому транспорту [Chen, 2022].

Европейский союз в Стратегии по сокращению выбросов CO₂ на транспорте четко обозначил приоритет развития электромобилей. В рамках политики достижения нулевых выбросов он ставит амбициозную цель: «обеспечить наличие не менее 30 млн транспортных средств с нулевым уровнем выбросов на дорогах к 2030 г.»⁴.

В мировой автомобильной промышленности сформировалась классификация гибридных транспортных средств по уровню их электрификации. Микрогибридные системы не предусматривают движение на электро-тяге, а ориентированы на оптимизацию топливной эффективности путем вспомогательных функций. Мягкие гибриды (англ. Mild Hybrid Electric Vehicle, MHEV) оснащены более мощной электромеханической системой, обеспечивающей поддержку двигателя внутреннего сгорания и рекуперативное торможение. HEV способны преодолевать ограниченные расстояния исключительно на электрической тяге, однако не имеют функции внешней зарядки. Наиболее функциональными являются подключаемые гибриды (англ. Plug-in Hybrid Electric Vehicle, далее — PHEV), которые сочетают возможность зарядки от внешней электросети, значительный запас хода в электрическом режиме и способность работать по гибриднему циклу при разряде высоковольтной батареи.

На рис. 3 представлены данные о мировых продажах электромобилей с 2020 г. по 2024 г. Наблюдается устойчивая положительная динамика роста глобального рынка электромобилей.



Составлено авторами по материалам источника⁵ / Compiled by the authors on the materials of the source⁵

Рис. 3. Мировые продажи электромобилей с 2020 г. по 2024 г.

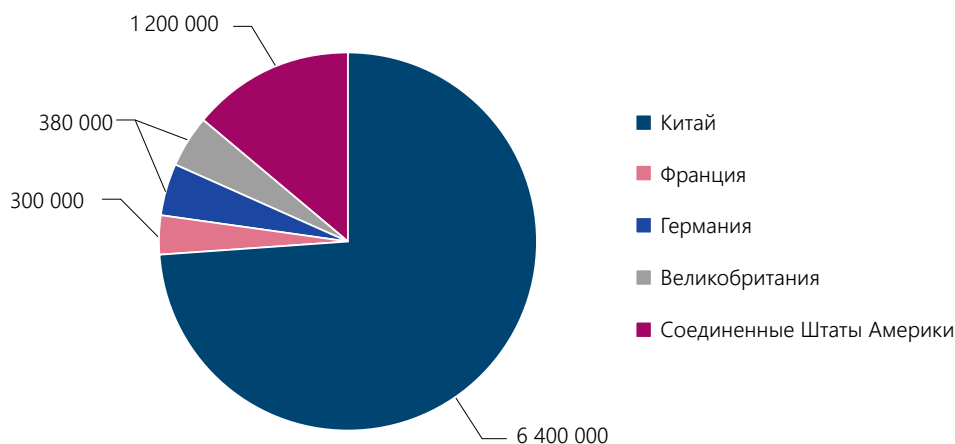
Fig. 3. Global sales of electric vehicles from 2020 to 2024

⁴ ЕС планирует к 2030 году иметь 30 миллионов электромобилей. Режим доступа: <https://www.reuters.com/article/us-climate-change-eu-transport-idUSKBN28E2KM/> (дата обращения: 09.10.2025).

⁵ IEA. Global EV Outlook 2025 — Analysis. Режим доступа: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2025> (дата обращения: 09.10.2025).

За указанный период продажи демонстрируют значительное увеличение. При этом BEV стабильно составляют большую долю в общем объеме продаж по сравнению с PHEV. Особенно показателен экспоненциальный рост продаж BEV, объем которых увеличился в 5,5 раз (с 2 млн в 2020 г. до 11 млн в 2024 г.). Еще более высокими темпами рос сегмент PHEV, демонстрирующий увеличение в 6,7 раз (с 970 тыс. до 6,5 млн ед.). Мировой рынок электромобилей в 2024 г. показал рекордные темпы роста: объем продаж достиг как минимум 17 млн ед., что соответствует 20 % от общемировых продаж автомобилей. Ключевыми драйверами этого роста выступили три региона — Китай (60 % новых регистраций электромобилей), Европа (25 %) и США (10 %), на которые в 2023 г. совокупно пришлось около 95 % всех реализованных электромобилей⁶.

На рис. 4 представлены страны-лидеры по продажам BEV в 2024 г.



Составлено авторами по материалам источника⁷ / Compiled by the authors on the materials of the source⁷

Рис. 4. Страны-лидеры по продажам электромобилей в 2024 г.

Fig. 4. Leading countries in electric vehicle sales in 2024

Статистические данные наглядно демонстрируют абсолютное доминирование Китая на глобальном рынке, а также позволяют провести сравнительный анализ объемов продаж в других ключевых регионах, таких как США и ведущие европейские страны. На основании представленных данных о продажах BEV в 2024 г. можно констатировать абсолютное лидерство Китая на глобальном рынке. Объем продаж в Китае, составивший 6,4 млн ед., на порядок превосходит показатели других стран-лидеров. На втором месте располагаются США с результатом 1,2 млн ед., тогда как Германия, Великобритания и Франция демонстрируют сопоставимые между собой, но существенно более низкие объемы (380, 380 и 300 тыс. ед. соответственно). Такое распределение рынка наглядно иллюстрирует формирование новой геоэкономической конфигурации в автомобильной промышленности, где Китай не только является крупнейшим рынком сбыта, но и задает темп глобального перехода к электромобилям.

Ожидается, что совокупные продажи электромобилей превысят 20 млн ед. Ведущую роль в этой трансформации сохраняет Китай, на долю которого прогнозируется около 60 % мирового рынка, что эквивалентно примерно 14 млн автомобилей⁸. Обладая ценой на 30 % ниже, чем у западных конкурентов, китайские электромобили заставляют европейских и американских автогигантов с осторожностью подходить к своим же амбициозным планам по переходу на электротранспорт⁹.

Согласно прогнозам, Китай сохранит лидерство на рынке электромобилей и к 2030 г. может достичь доли их продаж на уровне около 80 %. Такому росту будет способствовать как значительное расширение самого рынка, так и высокая ценовая конкурентоспособность местной продукции. В Европе целевые показатели по выбросам CO₂ являются важным фактором перехода на электромобили, что позволит достичь доли продаж приблизительно в 60 % к 2030 г., хотя этот показатель несколько ниже прогноза прошлого года.

⁶ Норвегия вышла в лидеры по продажам электромобилей. Режим доступа: <https://trends.rbc.ru/trends/green/67a5df6d9a79476251febd10> (дата обращения: 09.10.2025).

⁷ IEA. Global EV Outlook 2025 — Analysis. Режим доступа: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2025> (дата обращения: 09.10.2025).

⁸ МЭА ожидает взрывного роста сектора электромобилей в этом году. Режим доступа: <https://www.gazeta.ru/business/news/2024/04/28/22891999.shtml> (дата обращения: 09.10.2025).

⁹ Обратное замещение платины и новые применения: факторы в пользу роста рынка палладия. Режим доступа: <https://rough-polished.expert/ru/analytics/135333.html?ysclid=mg5a8etdk7722904831> (дата обращения: 09.10.2025).

Напротив, рынок США демонстрирует более скромные темпы роста. В рамках текущего политического курса доля продаж электромобилей к 2030 г. составит около 20 %, то есть менее половины от прогнозируемого ранее значения.

В то же время в странах Юго-Восточной Азии продажи электромобилей активно стимулируются за счет мер государственной поддержки и развития внутреннего производства. Ожидается, что к 2030 г. каждый четвертый автомобиль, проданный в регионе, будет электрическим.

ЭЛЕКТРОМОБИЛИ В РОССИИ / ELECTRIC VEHICLES IN RUSSIA

Современное экономическое состояние автомобильной промышленности Российской Федерации (далее — РФ, Россия) характеризуется этапом структурной адаптации, обусловленным изменением внешне-экономических условий, перестройкой логистических цепочек и необходимостью ускоренного импортозамещения. После спада производства в 2020–2022 гг. отрасль демонстрирует признаки восстановления, сопровождающиеся ростом локализации, расширением модельного ряда отечественных производителей и активным участием государства в поддержке спроса и предложения. Существенную роль в стабилизации отрасли играют программы льготного автокредитования и лизинга, а также меры, направленные на развитие национальной производственной базы и технологической независимости.

Под трансформацией автомобильной промышленности понимается комплексный процесс структурных, технологических и институциональных изменений, затрагивающих производственные цепочки, модель потребления и технологическую основу отрасли. Данная трансформация выражается в переходе от доминирования автомобилей с ДВС к многоукладной структуре рынка, включающей электромобили, гибридные транспортные средства и автомобили на альтернативных источниках энергии. Ключевыми элементами трансформации выступают ужесточение экологического регулирования, цифровизация производственных процессов, изменение требований к энергоэффективности транспорта и рост роли государственной промышленной политики. В результате автомобильная промышленность из традиционной машиностроительной отрасли постепенно эволюционирует в высокотехнологичный сектор, тесно связанный с энергетикой, металлургией и химической промышленностью.

Особое значение в условиях трансформации отечественного автопрома приобретает развитие сегментов электромобилей и гибридных транспортных средств. Ограниченность зарядной инфраструктуры и высокая стоимость BEV формируют спрос на гибридные модели как переходное технологическое решение, сочетающее снижение выбросов с сохранением эксплуатационной гибкости. Трансформация автомобильной промышленности в России носит поэтапный характер и характеризуется сосуществованием традиционных и новых технологий, что оказывает непосредственное влияние на структуру спроса на металлы платиновой группы, включая палладий.

Основным направлением развития рынка электромобилей в России является реализация правительственной Концепции по развитию производства и использования электрического автомобильного транспорта на период до 2030 г.¹⁰ Принятие данного документа обеспечивает системное развитие зарядной инфраструктуры, создавая необходимые условия для широкого использования электромобилей. Параллельно на рынок выходят новые модели электромобилей, что в совокупности способствует увеличению объемов продаж.

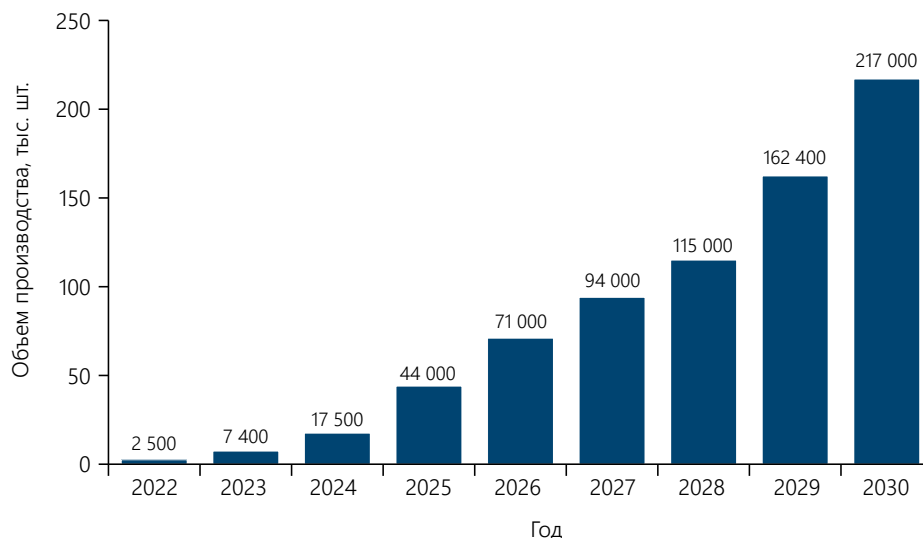
В рамках реализации государственной Концепции развития электротранспорта установлены плановые значения объемов производства на период до 2030 г. Рис. 5 визуализирует данную динамику, позволяя рассмотреть темпы предполагаемого роста выпуска электротранспортных средств в России.

Ведется работа по созданию условий для запуска полноценного массового производства легковых электромобилей с полным циклом. Среди отечественных производителей, осуществляющих разработку и сборку легкового электротранспорта, следует отметить общество с ограниченной ответственностью (далее — ООО) «Моторинвест» с брендом Eolute, акционерное общество (далее — АО) «Москвич» с моделью «Москвич 3е», АО «Кама», разрабатывающую модель «Атом», а также «АвтоВАЗ», представивший электрокар Lada e-Largus¹¹. В сегменте коммерческого транспорта ведущим производителем электрогрузовиков выступает группа «ГАЗ». Производство электробусов в стране освоено такими производителями, как группа «ГАЗ», публичное акционерное общество «КАМАЗ» и ООО «Волгабас-Волжский»¹².

¹⁰ Правительство утвердило концепцию развития электротранспорта до 2030 года. Режим доступа: <https://www.interfax.ru/russia/786010> (дата обращения: 09.10.2025).

¹¹ Заряд для автопрома. Как развивается индустрия электромобилей. Режим доступа: <https://sber.pro/publication/zaryad-dlya-avtoproma-kak-razvivaetsya-industriya-elektromobilei/?ysclid=mjsn5lvh9r114950235> (дата обращения: 09.10.2025).

¹² Электробусы российского производства поехали в десяти регионах страны. Режим доступа: <https://telecomdaily.ru/news/2024/07/11/elektrobussy-rossiyskogo-proizvodstva-poechali-v-desyati-regionah-strany> (дата обращения: 09.10.2025).



Составлено авторами по материалам источника¹³ / Compiled by the authors on the materials of the source¹¹

Рис. 5. Плановые показатели объемов производства электротранспортных средств (EV) в России

Fig. 5. Planned indicators for the production volume of electric vehicles in Russia

Россия поддерживает тренд на декарбонизацию автотранспорта через целый набор льгот и преференций, в частности развитие сети зарядных станций и соответствующих сервисов. Пока зарядная инфраструктура в основном развивается в Москве, Санкт-Петербурге, Краснодарском крае, Приморье и Южно-Сахалинске¹⁴. Ключевыми мерами государственной поддержки спроса на электромобили и гибриды являются программы льготного автокредитования и лизинга. Данные программы распространяются на автомобили российского производства, включая модели Evolute, «Амберавто А5», Voyah Free, Voyah Dream и «Москвич 3е». В рамках кредитной программы государство компенсирует до 35 % стоимости транспортного средства, но не более 925 тыс. руб.

Министерство транспорта РФ разработало методические рекомендации по стимулированию использования электромобилей в субъектах РФ¹⁵. В частности, предусмотрена льгота на бесплатный проезд по платным участкам федеральных автодорог, однако она распространяется исключительно на владельцев электромобилей российского производства. Кроме того, планируется снижение административных барьеров для установки зарядных станций на территории паркингов многоквартирных жилых домов.

Ключевыми факторами роста российского рынка новых электромобилей (EV) являются:

- принятая правительством Концепция по развитию производства и использования электрического автомобильного транспорта в РФ на период до 2030 г.;
- включение такой техники в программы льготного автокредитования и льготного лизинга;
- развитие зарядной инфраструктуры, особенно в регионах, где реализуются соответствующие пилотные проекты;
- запуск серийного производства российских электромобилей Evolute и «Москвич».

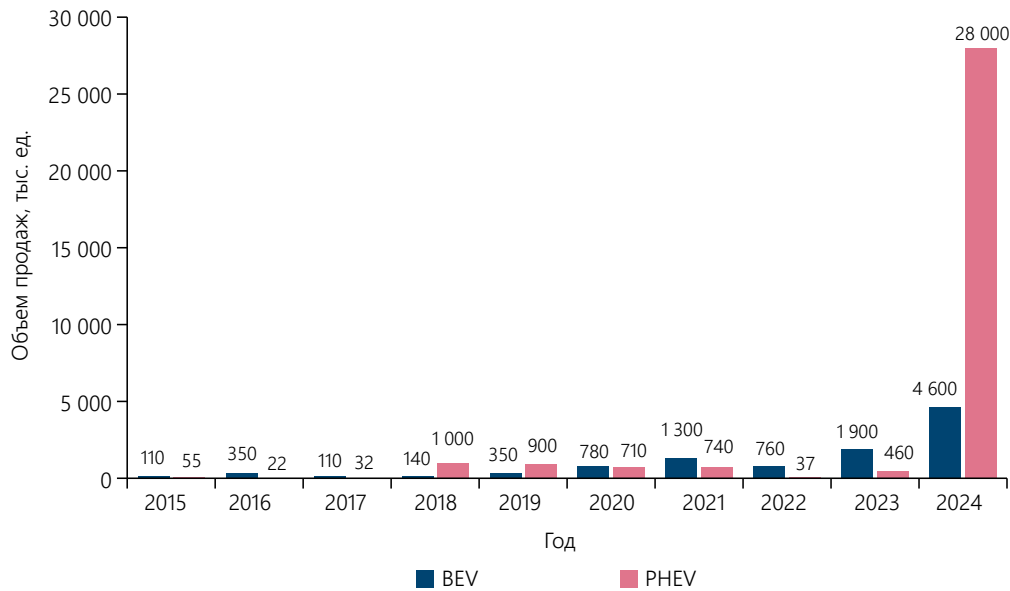
На рис. 6 представлены данные о продажах электромобилей и гибридов в России с 2019 г. по 2024 г.

Анализ динамики продаж электромобилей в России с 2019 г. по 2024 г. показывает переход рынка от стагнации к этапу ускоренного роста, особенно заметного в 2024 г. Ключевой особенностью является структурное доминирование PHEV, объем продаж которых в 2024 г. достиг 28 тыс. ед., что более чем в 60 раз превышает показатели предыдущего года и составляет около 86 % от общего рынка. В то же время BEV также демонстрируют уверенный рост, увеличившись до 4,6 тыс. ед., однако их доля остается существенно меньшей. Согласно глобальному прогнозу по критически важным минералам на 2025 г., ключевым долгосрочным фактором давления на спрос для металлов платиновой группы является ускоряющаяся электрификация транспорта.

¹³ Распоряжение Правительства Российской Федерации от 23 августа 2021 г. № 2290-р «Концепция по развитию производства и использования электрического автомобильного транспорта в Российской Федерации на период до 2030 года». Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/402553686/> (дата обращения: 09.10.2025).

¹⁴ Заряжены на рост. Режим доступа: <https://www.kommersant.ru/doc/7516286> (дата обращения: 09.10.2025).

¹⁵ Методические рекомендации по стимулированию использования электромобилей и гибридных автомобилей в субъектах Российской Федерации, утвержденные распоряжением Министерства транспорта Российской Федерации от 25 мая 2022 г. № АК-131-р. Режим доступа: <https://mintrans.gov.ru/documents/10/11866> (дата обращения: 09.10.2025).



Составлено авторами по материалам источника¹⁶ / Compiled by the authors on the materials of the source¹⁶

Рис. 6. Продажи электромобилей в России с 2019 г. по 2024 г.

Fig. 6. Sales of electric vehicles in Russia, 2019–2024

Несмотря на доминирование электромобилей, традиционные автомобили сохраняют значительное присутствие, особенно в регионах. Однако их влияние на спрос палладия будет ослабевать не только из-за снижения объемов производства, но и по структурной причине: автомобили китайских брендов, которые увеличивают свою долю, традиционно имеют более низкое содержание платиноидов в катализаторах по сравнению с автомобилями, произведенными международными совместными предприятиями¹⁷.

ГИБРИДНЫЕ АВТОМОБИЛИ КАК НОВЫЙ ДРАЙВЕР СПРОСА НА ПАЛЛАДИЙ / HYBRID VEHICLES AS A NEW DRIVER OF PALLADIUM DEMAND

Отечественный автопром начинает освоение сегмента гибридных автомобилей. Первопроходцем стала компания Evolute, запустившая в Липецкой области серийное производство гибридного кроссовера i-Space¹⁸. В Липецке налажена локализация нескольких гибридных моделей премиум-бренда Voyah. В январе 2025 г. было запущено серийное производство двух моделей бренда Voyah: кроссовера Free и представительского минивэна Dream. В сентябре того же года производственная линейка завода пополнилась гибридным седаном Passion¹⁹. В ближайшей перспективе к выпуску гибридов присоединятся почти все отечественные автопроизводители. Эта стратегия отражена в федеральном проекте, по которому к 2030 г. планируется выпустить свыше 183 тыс. электромобилей и последовательных гибридов²⁰.

На фоне общей статистики продажи гибридных автомобилей демонстрируют впечатляющую динамику. Согласно данным «Автостата», за 2024 г. в России было продано 62,8 тыс. машин с гибридной силовой установкой, что почти втрое превышает показатель предыдущего года²¹. Эксперты агентства объясняют рост практичностью гибридов в условиях недостаточно развитой зарядной инфраструктуры для электрокаров, а также их высоким запасом хода, который может превышать 1 тыс. км.

¹⁶ IEA. Global EV Outlook 2025 — Analysis. Режим доступа: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2025> (дата обращения: 09.10.2025).

¹⁷ Рынок палладия: торможение электромобилей пока не привело к росту спроса, но есть надежда на «оборонные» драйверы. Режим доступа: <https://rough-polished.expert.ru/analytics/142522.html> (дата обращения: 09.10.2025).

¹⁸ Evolute объявил о старте производства первого серийного гибридного кроссовера в России на выставке. Режим доступа: <https://www.evolute.ru/about/news/evolute-obuyavil-o-starte-proizvodstva-pervogo-serijnogo-gibridnogo-krossovera-v-rossii-na-vystavke-innoprom> (дата обращения: 09.10.2025).

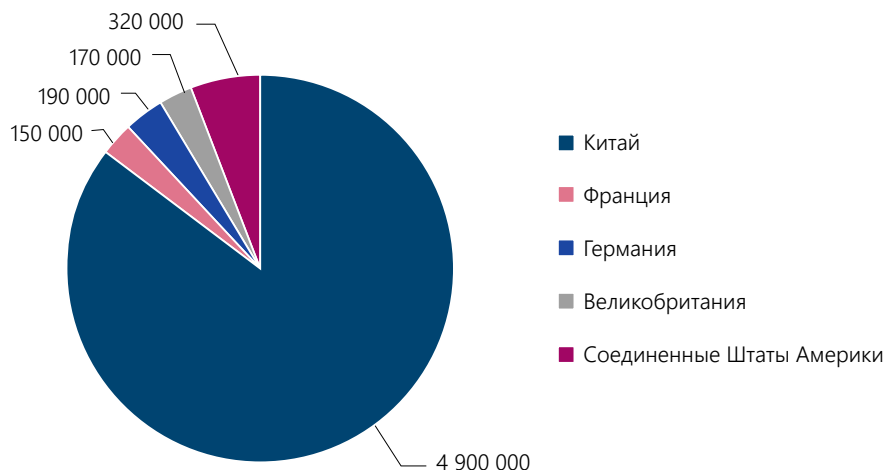
¹⁹ Курс на отечественное: как локализация производства повлияет на авторынок. Режим доступа: <https://www.vedomosti.ru/gorod/special/2025/09/25/kurs-na-otchestvennoe-kak-lokalizatsiya-proizvodstva-povliyaet-na-avtorinok-erid-2Vfnxw8y3Gc> (дата обращения: 09.10.2025).

²⁰ Почти все российские автозаводы начнут выпуск гибридных машин. Режим доступа: <https://www.avtovzglyad.ru/avto/avtoprom/67071-2025-09-03-pochti-vse-rossiyskie-avtozavodyi-nachnut-vyipusk-gibridnyih-mashin/> (дата обращения: 09.10.2025).

²¹ Россия переживает на гибридные автомобили. Режим доступа: <https://www.rbc.ru/industries/news/6809e3c79a7947fef3102cc1> (дата обращения: 09.10.2025).

В условиях роста парка автомобилей перед производителями стоит задача внедрения более экологичных силовых установок, что является ключевым ответом на вызовы, связанные со снижением выбросов от сжигания топлива. Развитие гибридных автомобилей рассматривается в этом контексте как перспективное направление для создания энергоэффективной транспортной системы [Tanwir, 2020; Cao, 2023]. Ключевое отличие гибридных автомобилей от традиционных заключается в уровне углеродных выбросов, который является более низким.

На рис. 7 наглядно продемонстрировано абсолютное лидерство Китая на рынке подключаемых гибридных автомобилей в 2024 г.



Составлено авторами по материалам источника²² / Compiled by the authors on the materials of the source²²

Рис. 7. Страны-лидеры по продажам PHEV в 2024 г.

Fig. 7. Leading countries in sales of PHEV in 2024

Объем продаж в Китае, составляющий 4,9 млн ед., на порядок превосходит показатели европейских стран и США. Такие цифры однозначно свидетельствуют о том, что Китай является не только крупнейшим, но и наиболее динамично развивающимся рынком для данной технологии. Этот факт имеет критически важное значение для глобального рынка палладия. Поскольку PHEV оснащаются ДВС и, следовательно, каталитическими нейтрализаторами, стремительный рост их продаж в Китае создает мощный противовес долгосрочной угрозе со стороны полностью электрических транспортных средств. Таким образом, доминирование Китая в производстве и продаже гибридных автомобилей поддерживает устойчивый промышленный спрос на палладий в среднесрочной перспективе, несмотря на общую тенденцию к переходу на электромобили.

Потребители в Китае, выбирающие крупные автомобили и внедорожники, все чаще отдают предпочтение PHEV, видя в них более гибкое решение. Ключевое преимущество таких моделей заключается в том, что они позволяют совершать длительные поездки без зависимости от недостаточно развитой или перегруженной зарядной инфраструктуры.

Что касается других стран, то можно выделить опыт США. С 2000 г. федеральные, региональные и местные органы власти экспериментировали с широким набором потребительских стимулов с целью ускорения внедрения гибридных автомобилей, включая налоговые льготы и вычеты по подоходному налогу, освобождение от налога с продаж, а также освобождение от тестирования выбросов, регистрации и платы за парковку.

СЦЕНАРИИ РАЗВИТИЯ РЫНКА ПАЛЛАДИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ АВТОМОБИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ / SCENARIOS OF PALLADIUM MARKET DEVELOPMENT DEPENDING ON THE AUTOMOTIVE INDUSTRY

Табл. 1 иллюстрирует зависимость потребления палладия от типа силовой установки автомобиля, что является ключевым фактором для прогнозирования спроса на металл. Определяются сегменты, не создающие спрос на палладий. К ним относятся BEV и автомобили на водородных топливных элементах (Fuel Cell Electric Vehicle, далее — FCEV), дизельные автомобили.

²² IEA. Global EV Outlook 2025 — Analysis. Режим доступа: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2025> (дата обращения: 09.10.2025).

Таблица 1. Потребление палладия (содержание в катализаторе)

Table 1. Palladium consumption (content in the catalyst)

Тип автомобиля	Обозначение	Содержание Pd в одном катализаторе
Гибрид	HEV/PHEV	<ul style="list-style-type: none"> подключаемый гибрид — около 4–6 г (повышенное содержание палладия из-за частых холодных запусков двигателя); неподключаемый гибрид — около 3–5 г
Бензин	Gasoline	Около 2–7 г
Дизель	Diesel	Около 0–0,3 г (палладий почти не используется; применяется в основном платина)
Электромобиль	BEV	0 г (катализатор отсутствует)
Водород	FCEV	0 г (в топливных элементах используется платина, а не палладий)

Составлено авторами по материалам источников^{23,24} / Compiled by the authors on the materials of the sources^{23,24}

В табл. 2 представлена статистика производства легковых автомобилей. Анализ данных позволяет выделить три условных этапа в динамике мирового производства легковых автомобилей за период с 2014 г. по 2024 г. Первый этап, с 2014 г. по 2019 г., характеризуется волатильностью, когда периоды умеренного роста сменялись спадом, достигшим к 2019 г. отметки в 67 млн ед. Второй этап, 2020 г., стал периодом глубокого кризиса, когда под влиянием глобальных экономических потрясений производство сократилось рекордными темпами на 16,8 %, опустившись до минимума в 55,8 млн автомобилей. Третий, восстановительный этап, начался в 2021 г. и продолжался до 2024 г. Он отмечен уверенным ростом, пик которого пришелся на 2023 г. с увеличением на 9,0 %. К 2024 г. отрасль не только полностью преодолела последствия кризиса, но и вышла на уровень, превышающий докризисные показатели. При этом резкое замедление темпов роста до 0,8 % в 2024 г. указывает на завершение фазы активного восстановления и переход к фазе стабилизации и зрелости. Эта стабилизация на высоком уровне является фундаментальной основой для поддержания устойчивого промышленного спроса на палладий.

Таблица 2. Статистика мирового производства легковых автомобилей

Table 2. Statistics of world production of passenger cars

Год	Производство, ед.	Изменение, %
2014	67 782 035	—
2015	68 539 516	+ 1,1
2016	72 105 435	+ 5,2
2017	73 456 531	+ 1,9
2018	70 498 388	– 4,0
2019	67 149 196	– 4,8
2020	55 834 456	– 16,8
2021	57 054 295	+ 2,2
2022	61 598 650	+ 8,0

²³ Зачем нужен катализатор в автомобиле и почему он такой дорогой? Режим доступа: <https://www.gismeteo.ru/news/auto/zachem-nuzhen-katalizator-v-avtomobile-i-pochemu-on-takoj-dorogoj/> (дата обращения: 09.10.2025).

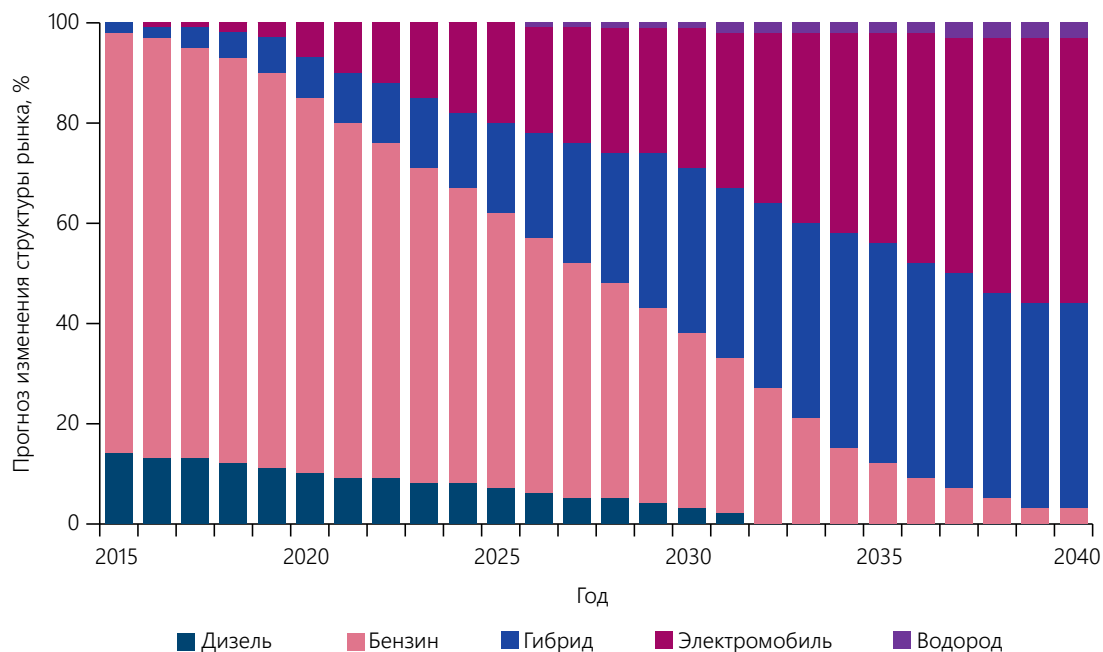
²⁴ «Сколько палладия содержит катализатор?». Режим доступа: https://yandex.ru/q/question/skolko_palladiia_soderzhit_katalizator_0ed75190/?ysclid=mg6qszychu239488080 (дата обращения: 09.10.2025).

Окончние табл. 2

Год	Производство, ед.	Изменение, %
2023	67 133 570	+ 9,0
2024	67 674 745	+ 0,8

Составлено авторами по материалам источника²⁵ / Compiled by the authors on the materials of the source²⁵

Анализ графика на рис. 8 подтверждает глубокую структурную трансформации мирового автопрома в долгосрочной перспективе. Ключевым трендом является стремительный переход к электромобильному транспорту, выраженный в опережающем росте доли BEV. Параллельно с этим наблюдается прогрессирующее вытеснение с рынка традиционных дизельных и, что особенно важно для рынка палладия, бензиновых автомобилей.



Составлено авторами по материалам источника²⁶ / Compiled by the authors on the materials of the source²⁶

Рис. 8. Прогноз по изменению структуры рынка автомобилей

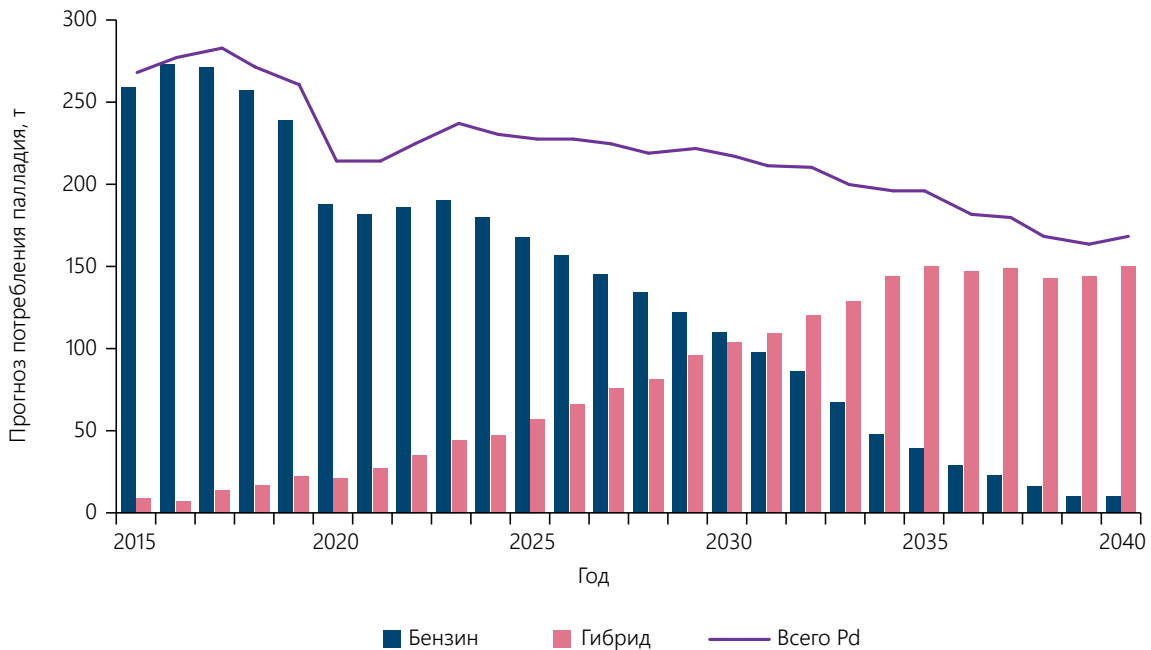
Fig. 8. Forecast for changes in the structure of the automobile market

Однако принципиальным моментом прогноза является тот факт, что подключаемые гибриды демонстрируют устойчивость и сохраняют значительную долю на рынке вплоть до 2040 г. Это создает принципиально новую структуру спроса на палладий. Хотя спрос со стороны классических бензиновых автомобилей будет неуклонно снижаться, этот спад будет частично компенсирован стабильным потреблением со стороны гибридного сегмента. Таким образом, рынок палладия в среднесрочной и долгосрочной перспективе будет определяться не просто общим объемом производства автомобилей, а сложным балансом между растущим сегментом BEV, который не использует палладий, и сохраняющимся сегментом гибридов, который остается его потребителем.

На рис. 9 визуализирован прогноз потребления палладия в автомобильной промышленности, структурированный по типам автомобильных двигателей. Данная диаграмма позволяет проанализировать вклад каждого сегмента в общий объем спроса на палладий и оценить будущие тенденции на рынке металла. Бензиновые и гибридные автомобили являются основными потребителями палладия, что обусловлено высоким содержанием металла в катализаторах. Общий прогнозируемый объем потребления палладия является интегральным показателем, на который оказывают разнонаправленное влияние как рост производства автомобилей, так и постепенное сокращение доли транспортных средств, оснащенных исключительно ДВС.

²⁵ OICA. Statistics 2024. Режим доступа: <https://oica.net/category/production-statistics/2024-statistics/> (дата обращения: 09.10.2025).

²⁶ Platinum Automotive Demand Update. WPIC Platinum Essentials June 2025. Режим доступа: <https://platinuminvestment.com/investment-research/essentials/Jun25-five-year-supply-demand-outlook-platinum-deficits-persist-despite-a-shifting-economic-landscape> (дата обращения: 09.10.2025).



Составлено авторами по материалам источника²⁷ / Compiled by the authors on the materials of the source²⁷

Рис. 9. Прогноз потребления палладия в зависимости от типов автомобилей

Fig. 9. Forecast of palladium consumption depending on vehicle types

На основе анализа можно построить три возможных сценария (табл. 3).

Таблица 3. Сценарии развития рынка палладия в зависимости от автомобильной промышленности

Table 3. Scenarios of palladium market development depending on the automotive industry

Сценарий	Условия	Влияние на рынок палладия в России	Вероятность (оценка)
Оптимистичный для Pd	Гибриды доминируют как переходная технология. Переход на электромобили идет медленнее ожидаемого. Экологические нормы ужесточаются	Стабильно высокий спрос и цены. Выручка «Норникеля» от продажи палладия остается на высоком уровне	Общий спрос будет медленно расти или стагнировать, так как увеличение общего количества машин будет частично компенсироваться ростом доли BEV (которые не используют Pd) и HEV/PHEV (которые используют Pd)
Пессимистичный для Pd	Быстрый и массовый переход на электромобили. Популярность гибридов не успевает компенсировать падение спроса со стороны чистых ДВС	Структурное падение спроса и цен. Давление на доходы «Норникеля». Необходимость диверсификации	Устойчивое снижение спроса на палладий со стороны автопрома после 2025–2026 гг., так как эффект замещения обычных ДВС станет значимым
Консервативный	Стагнация электрификации. Рынок разделяется: BEV растут в мегаполисах, гибриды — в массовом сегменте и регионах с плохой инфраструктурой	Рост PHEV/BEV замедлится из-за исчерпания государственной программы поддержки, высокой стоимости и проблем с инфраструктурой	Спрос будет напрямую зависеть от динамики общего рынка ДВС

Составлено авторами по материалам источника²⁸ / Compiled by the authors on the materials of the source²⁸

²⁷ Platinum Automotive Demand Update. WPIC Platinum Essentials June 2025. Режим доступа: <https://platinuminvestment.com/investment-research/essentials/Jun25-five-year-supply-demand-outlook-platinum-deficits-persist-despite-a-shifting-economic-landscape> (дата обращения: 09.10.2025).

²⁸ Годовой отчет ПАО «ГМК «Норильский никель» за 2024 г. Режим доступа: <https://ar2024.nornickel.ru/> (дата обращения: 09.10.2025).

В рамках исследования перспектив рынка палладия ключевое значение имеет анализ факторов, определяющих динамику спроса, основным источником которого выступает автомобильная промышленность. Поскольку будущее транспорта характеризуется значительной неопределенностью, связанной с темпами перехода на электротранспорт, для структурирования возможных траекторий развития был разработан сценарный подход. Следует подчеркнуть, что настоящее исследование не ставит целью построение прогнозных оценок; его задача — систематизировать ключевые риски и возможности. В то же время предложенная сценарная матрица служит концептуальной основой для последующих исследований, в рамках которых может быть проведен сценарный анализ, опирающийся на представленные в табл. 3 условия и допущения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ / CONCLUSION

Переход от автомобилей с ДВС к альтернативным транспортным средствам с электроприводом — сложный и многофакторный процесс. Автомобили с ДВС опираются на зрелые, проверенные временем технологии, пользуются устойчивым доверием потребителей и поддерживаются развитой глобальной инфраструктурой, от налаженных цепочек поставок до устоявшихся государственных стандартов и нормативов. Однако в последние годы наблюдается растущее влияние объективных и субъективных экологических, экономических и политических факторов. Дополнительный импульс дают технологические инновации, активная государственная поддержка и растущий потребительский интерес к электромобилям на ключевых рынках, таких как Китай, Германия, Япония и США. Правительства многих стран стимулируют переход к электромобилям и гибридам (в меньшей степени) через законодательные меры: введение штрафов за превышение норм выбросов, налоговые льготы, субсидии и программы развития «чистой» энергетики.

К 2040 г. мировая автомобильная промышленность претерпит глубокие структурные изменения, связанные с переходом от традиционных ДВС к более экологичным и энергоэффективным технологиям. Продажи автомобилей с классическими ДВС будут неуклонно снижаться под воздействием ужесточения экологических норм, развития зарядной инфраструктуры и снижения стоимости аккумуляторных систем. Во многих развитых странах к середине 2030-х гг. производство и продажа новых автомобилей с чистыми ДВС будут постепенно прекращены, а к 2040 г. их доля на мировом рынке станет минимальной.

На настоящее время гибридные автомобили являются промежуточным звеном между традиционными ДВС и полностью электрическими транспортными средствами. К 2040 г. гибриды сохранят заметную долю мировых продаж благодаря своей способности сочетать преимущества обеих технологий — экономичность и снижение выбросов при сохранении привычной инфраструктуры и удобства эксплуатации. На развивающихся рынках, где электромобильная инфраструктура развивается медленнее, именно гибриды могут сыграть ключевую роль в снижении углеродного следа и постепенном переходе к электромобилям.

Спрос на палладий в долгосрочной перспективе остается неопределенным и будет зависеть от динамики технологических и структурных изменений в мировой промышленности. Автомобильный сектор, несмотря на постепенное сокращение производства традиционных ДВС, сохранит значимую роль как источник стабильного спроса в переходный период. Вместе с тем развитие новых технологий и расширение сфер применения палладия в энергетике, электронике и химической промышленности формируют потенциал для диверсификации потребления и снижения зависимости рынка от автомобильной отрасли. Таким образом, будущее палладия будет определяться не только трансформацией транспортного сектора, но и способностью мировой экономики интегрировать уникальные свойства металла в инновационные производственные процессы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бабаян, Г. В. Технологические и экономические аспекты быстрой зарядки электромобилей: сравнительный анализ США и ЕС / Г. В. Бабаян // Экономика и бизнес: теория и практика. — 2024. — № 11-1(117). — С. 43–61. — DOI 10.24412/2411-0450-2024-11-1-43-61. — EDN JAJYEZ.
- Alanazi, F. Electric Vehicles: Benefits, Challenges, and Potential Solutions for Widespread Adaptation / F. Alanazi // Applied Sciences (Switzerland). — 2023. — Vol. 13, No. 10. — DOI 10.3390/app13106016. — EDN MBEKLY.
- Cao, Yu. An Overview of Modelling and Energy Management Strategies for Hybrid Electric Vehicles / Yu. Cao, M. Yao, X. Sun // Applied Sciences (Switzerland). — 2023. — Vol. 13, No. 10. — DOI 10.3390/app13105947. — EDN STEBFI.

- Chen, H. Development Strategies and Policy Trends of the Next-Generation Vehicles Battery: Focusing on the International Comparison of China, Japan and South Korea / H. Chen, J. Yu, X. Liu // *Sustainability*. — 2022. — Vol. 14, No. 19. — DOI 10.3390/su141912087. — EDN VFMEKF.
- Choi J.-S. Automotive Emission Control Catalysts / J.-S. Choi, P. Koci // *Catalysts*. — 2016. — Vol. 10, No. 6. — DOI 10.3390/catal6100155.
- Hughes, A. E. Platinum group metals: A review of resources, production and usage with a focus on catalysts / A. E. Hughes, N. Haque, S. Giddey, S. A. Northey // *Resources*. — 2021. — Vol. 10, No. 9. — DOI 10.3390/resources10090093. — EDN ZYVXZN.
- Li J. Smart charging strategy for electric vehicles based on marginal carbon emission factors and time-of-use price / J. Li, G. Wang, X. Wang, Y. Du // *Sustainable Cities and Society*. — 2023. — Vol. 96. — DOI 10.1016/j.scs.2023.104708. — EDN NPPTXE.
- Michalek, T. Production, Recycling and Economy of Palladium: A Critical Review / T. Michalek, V. Hessel, M. Wojnicki // *Materials*. — 2024. — Vol. 17, No. 1. — DOI 10.3390/ma17010045. — EDN ZQLWGH.
- Tanwir, N. S. Predicting Purchase Intention of Hybrid Electric Vehicles: Evidence from an Emerging Economy / N. S. Tanwir, M. I. Hamzah // *World Electric Vehicle Journal*. — 2020. — Vol. 11, No. 2. — DOI 10.3390/wevj11020035. — EDN PDLYTU.
- A Review of Recovery of Palladium from the Spent Automobile Catalysts / B. Xu, Y. Chen, Y. Zhou [et al.] // *Metals*. — 2022. — Vol. 12, No. 4. — DOI 10.3390/met12040533. — EDN LOQHRB.

REFERENCES

- Alanazi, F. (2023). Electric Vehicles: Benefits, Challenges, and Potential Solutions for Widespread Adaptation. *Applied Sciences*, 13(10), 6016. <https://doi.org/10.3390/app13106016>
- Babayan, G. V. (2024). Technological and Economic Aspects of Fast Charging of Electric Vehicles: A Comparative Analysis of the USA and the EU. *Economics and Business: Theory and Practice*, 11-1(117), 43–61. (In Russian). <https://doi.org/10.24412/2411-0450-2024-11-1-43-61>
- Cao, Y., Yao, M., & Sun, X. (2023). An Overview of Modelling and Energy Management Strategies for Hybrid Electric Vehicles. *Applied Sciences*, 13(10), 5947. <https://doi.org/10.3390/app13105947>
- Chen, H., Yu, J., & Liu, X. (2022). Development Strategies and Policy Trends of the Next-Generation Vehicles Battery: Focusing on the International Comparison of China, Japan and South Korea. *Sustainability*, 19(14), 12087. <https://doi.org/10.3390/su141912087>
- Choi, J.-S., Koci, P. (2016). Automotive Emission Control Catalysts. *Catalysts*, 10(6), 155. <https://doi.org/10.3390/catal6100155>
- Hughes, A. E. (2021). Platinum Group Metals: A Review of Resources, Production and Usage with a Focus on Catalysts. *Resources*, 10(9), 93. <https://doi.org/10.3390/resources10090093>
- Li, J. (2023). Smart Charging Strategy for Electric Vehicles Based on Marginal Carbon Emission Factors and Time-of-Use Price. *Sustainable Cities and Society*, 96, 104708. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104708>
- Michalek, T., Hessel, V., & Wojnicki, M. (2024). Production, Recycling and Economy of Palladium: A Critical Review. *Materials*, 17(1), 45. <https://doi.org/10.3390/ma17010045>
- Tanwir, N. S., Hamzah, M. I. (2020). Predicting Purchase Intention of Hybrid Electric Vehicles: Evidence from an Emerging Economy. *World Electric Vehicle Journal*, 11(2), 35. <https://doi.org/10.3390/wevj11020035>
- Xu, B. (2022). A Review of Recovery of Palladium from Spent Automobile Catalysts. *Metals*, 12(4), 533. <https://doi.org/10.3390/met12040533>