

Рынок электромобилей – маховик раскрутился

Х.А. ФАСХИЕВ, доктор технических наук, Уфимский филиал Финансового университета при Правительстве Российской Федерации, Уфимский государственный авиационный технический университет, Уфа.
E-mail: faskhiev@mail.ru

Аннотация. Приведен анализ рынка электромобилей, выявлены причины лавинообразного роста их продаж (в среднем более 60% в течение последних трех лет). Установлено, что основной вклад в достижение этих результатов вносят китайские производители и потребители. Подчеркивается, что крупнейшие автомобильные концерны делают только первые шаги в освоении производства электромобилей: проводят обширные НИОКР, создают концепты, совершенствуют модельный ряд. Катализаторами интенсивного освоения транспорта на электротяге стали бурное развитие технологий аккумуляторных батарей, снижение их цены, а также государственные субсидии и преференции покупателям и производителям электромобилей. По мере усиления этих тенденций можно ожидать ускорения темпов замещения электрокарами традиционных видов автотранспорта.

Ключевые слова: электромобиль; электробус; экологичность; рынок; продажи; аккумуляторная батарея; господдержка; льготы; электрификация транспорта

Продажи электромобилей набирают оборот

В связи с экологическими проблемами в крупных населенных пунктах в начале XXI в. в развитых странах активизировались работы по созданию и внедрению «зеленого» транспорта. Сегодня рынок предлагает электромобили «на любой вкус»: гибридные, заряжаемые двигателем внутреннего сгорания (HEV), гибридные с возможностью зарядки от сети (PHEV), чисто электрические (EV) и автомобили на топливных ячейках (FCV). Процессы их производства и продажи в последние 2–3 года приобрели лавинообразный характер (рис. 1, табл. 1). Если в 2017 г. в мире было продано 1,281 млн электромобилей, то в 2018 г. – уже 2,018 млн, прогноз на 2019 г. – 3,2 млн. Причем производство чисто электрических автомобилей растет быстрее гибридов, которые воспринимаются как промежуточное звено. Так, если в 2015 г. их доля была 60%, то в 2018 г. – уже 69%.



Источник: составлено автором по данным СМИ¹

Рис. 1. Динамика продаж электромобилей и гибридов в мире в 2010–2040 гг.

Таблица 1. Объем продаж электромобилей по странам в 2005–2018 гг., тыс. ед.

Страна	2005	2010	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Канада	-	-	2,02	3,12	5,07	6,96	11,58	19,23	34,36
Китай	-	1,43	9,90	15,34	73,17	207,38	336	606	1256
Франция	0,01	0,19	6,26	9,62	12,64	22,95	29,19	36,84	52,59
Германия	0,02	0,14	3,37	6,93	12,74	23,19	25,12	54,62	67,50
Индия	-	0,35	1,43	0,19	0,41	1,00	0,45	0,86	3,20
Япония	-	2,44	24,44	28,88	32,29	24,65	24,85	56,0	53,0
Южная Корея	-	0,06	0,51	0,60	1,31	3,19	5,26	13,54	23,73
Норвегия	-	0,39	4,51	8,52	19,76	35,61	44,91	62,31	72,64
Швеция	-	-	0,93	1,55	4,67	8,59	13,26	19,68	26,70
США	1,12	1,19	53,24	96,70	118,78	113,87	159,62	199,83	361,30
Россия	-	н. д.	н. д.	0,096	0,082	0,116	0,083	0,095	0,144
Другие	0,53	0,18	3,64	6,05	12,77	26,62	35,31	211,86	67,08
Итого	1,89	6,78	118,06	203,66	323,42	548,21	776,28	1280,86	2018,247

Источник: Электромобили (мировой рынок). URL: <http://www.tadviser.ru/index.php/> (дата обращения: 06.05.2019).

Международное энергетическое агентство. URL: <https://itc.ua/blogs/obshhee-kolichestvo> (дата обращения: 12.04.2019).

¹ Статистика продаж электромобилей и подзаряжаемых гибридов в 2018 г. URL: <https://habr.com/ru/post/440158/> (дата обращения: 12.05.2019). Через два года количество электромобилей в мире утроится. URL: <https://hightech.plus/2018/05/31/через-dva-goda-kolichestvo-elektromobilei-na-dorogah-utroitsya> (дата обращения: 18.10.2018). Пост по всем фронтам: продажи электромобилей и гибридов. URL: <https://hevcars.com.ua/reviews/globalnyie-prodazhi-elektrokarov-v-pervom-kvartale-2018-goda> (дата обращения: 23.11.2018). Электромобили (мировой рынок). URL: <http://www.tadviser.ru/index.php/> (дата обращения: 06.05.2019).

Самым крупным рынком для электрифицированных машин является Китай – здесь их в 2018 г. продали 1,25 млн (рост за год – 78%), и это не считая 1,4 млн микроэлектромобилей, которые в официальной статистике не учитываются. На втором месте – страны ЕС (в первую очередь Норвегия, Германия и Франция) с 408 тыс. реализованных электромобилей и гибридов (+34%). Третье место занимают США, с 361 тыс. (+ 79%). Топ-5 упомянутых стран вместе с Японией, Канадой и Швецией обеспечивают 90% мировых продаж «зеленых» машин.

Всего же из проданных в мире в 2018 г. 91380,5 тыс. легковых автомобилей 2018,2 тыс. (2,2%) имели электрический привод. В Европе этот показатель выше – 2,35%. В некоторых странах доля электромобилей в годовом объеме продаж уже довольно существенна: в Норвегии – 58%, в Исландии – 14%, в Швеции – 8,1%, в Нидерландах – 6%, в Китае – 4,5%².

По данным Международного энергетического агентства, в 2018 г. количество автотранспорта на электротяге достигло 6 млн ед. (1,25% мирового парка), из них 1,35 млн (23%) приходится на долю Китая. В то же время рост идет по экспоненте, и картина будет меняться достаточно быстро (рис. 2). Сегмент электромобилей сегодня является наиболее растущим на мировом рынке – в среднем 65% за 2016–2018 гг. Если первый миллион электромобилей был продан за 60 месяцев, то второй – за 17, третий – за десять, четвертый – за шесть, т.е. маховик продаж раскручивается с ускорением примерно на четверть.

Основная причина экспоненциального роста продаж «зеленого» транспорта – стремление большинства цивилизованных государств резко сократить выбросы углекислого газа в атмосферу. Это побуждает их вводить жесткие экологические ограничения, организационно и финансово поддерживать производство и покупку электромобилей на своей территории. Верные гарантии сбыта, желание занять свою нишу на перспективном рынке привели к тому, что практически все автопроизводители имеют в своей линейке электромобили и наращивают объем их выпуска (табл. 2).

² Общее количество электромобилей в мире превысило отметку 2 млн экземпляров. URL: <https://itc.ua/blogs/obshhee-kolichestvo-elektromobiley-v-mire-prevyisilo-otmetku-2-mln-ekzempliarov-iz-kotoryih-1-2-mln-chistiyh-elektromobiley-i-0-8-mln-podklyuchaemyih-gibridov> (дата обращения: 10.11.2018).



Источник: составлено автором с учетом прогнозов экспертов³.

Рис. 2. Динамика мирового парка электромобилей в 2005-2050 гг., тыс. ед.

Еще в 2010 г. на рынке было всего пять моделей электрокаров, в 2018 г. – уже более 130. На рынке США в 2010 г. было продано 17,1 тыс. электромобилей трех моделей, а в 2018 г. – уже 361 тыс. 42 моделей.

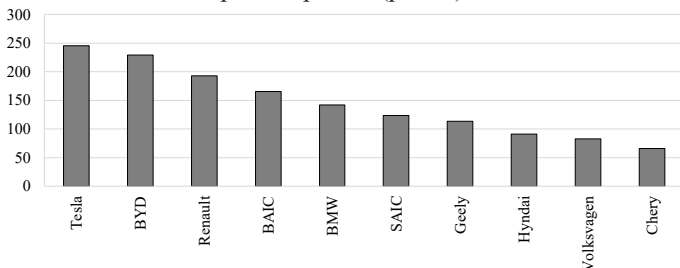
Таблица 2. Наиболее продаваемые модели электромобилей и гибридов в 2017 г., 2018 г.

2017			2018		
Модель	Продажи, ед.	Место	Модель	Продажи, ед.	Место в 2017 г.
BAIC EC180/200	78079	1-е	Tesla Model 3	145 846	106-е
Tesla Model S	54798	2-е	BAIC EC-Series	90 637	1-е
Toyota Prius Gen-2	50833	3-е	Nissan Leaf	87 149	4-е
Nissan Leaf	47211	4-е	Tesla Model S	50 045	2-е
Tesla Model X	46688	5-е	Tesla Model X	49 349	5-е
Zhi Dou D1/D2	42342	6-е	JAC iEV E/S	46 586	13-е
Renault Zoe	31535	7-е	BYD e5	46 251	15-е
BMW i3	31431	8-е	Renault Zoe	40 313	7-е
BYD Song	30920	9-е	Chery eQ EV	39 734	11-е
Chery eQ	27444	10-е	BAIC Eu-Series	37 343	25-е
Итого по всем производителям	1280858			2018247	

Источник: Tesla Model 3 = #1 Best Selling Electric Car in World, 7% of Global EV Market in 2018. URL: <https://cleantechnica.com/2019/02/09/tesla-model-3-1-best-selling-electric-car-in-world-7-of-global-ev-market/> (дата обращения: 14.05.2019).

³ Статистика продаж электромобилей и подзаряжаемых гибридов в 2018 г. URL: <https://habr.com/ru/post/440158/> (дата обращения: 21.05.2019). Через два года количество электромобилей в мире утроится. URL: <https://hightech.plus/2018/05/31/cherez-dva-goda-kolichestvo-elektromobiley-na-dorogah-utroitsya>. (дата обращения: 18.10.2018). Будущее электромобилей и гибридов. URL: (дата обращения: 14.05.2019).

В 2018 г. с освоением серийного производства бюджетного седана Model-3 (розничная цена – от 35 тыс. долл.) лидерство на рынке электромобилей захватила компания Tesla – 245,2 тыс. ед. (12,1% рынка) (рис. 3). Следом за ней идут китайский концерн BYD (11,2%) и группа Renault-Nissan (9,4%). На долю пяти крупнейших производителей электромобилей приходится 47,7% мирового рынка (рис. 3).



Источник: URL: <https://hevcars.com.ua/reviews> (дата обращения: 02.06.2019).

Рис. 3. Мировые лидеры по производству электромобилей в 2018 г., тыс. ед.

Все автоконцерны наращивают свои инвестиционные планы в области разработки и производства электромобилей. По подсчетам экспертов Reuters, крупные автопроизводители уже инвестировали более 92 млрд долл. в электротранспорт и в ближайшие 10 лет планируют вложить еще около 300 млрд⁴. Концерн Volkswagen заявил о намерении направить 34 млрд долл. в производство электромобилей и 57 млрд – на покупку аккумуляторов. Форд готов вложить 11 млрд долл. в электрификацию своего модельного ряда и к 2022 г. освоить производство 40 электрических и гибридных моделей. Даймлер анонсировал разработку 10 электрических и 40 гибридных автомобилей – от легковых до крупных грузовиков. Для этого запланирован инвестиционный портфель на НИОКР в размере в 11,7 млрд долл. Не менее амбициозные планы имеются и у других производителей.

Результаты инвестиций в НИОКР по тематике электротранспорта налицо – почти половина концептов, представляемых на любой выставке, мотор-шоу, имеют электрическую или

⁴ Мировые автопроизводители потратят 300 млрд долл. на разработку электромобилей в течение 10 лет. URL: <https://www.vestifinance.ru/articles/113067> (дата обращения: 12.04.2019).

гибридную тягу. На стендах практически всех участников Женевского автосалона-2019 были выставлены экземпляры электро-транспорта⁵. Более того, ряд автопроизводителей заявили о своем намерении отказаться в скором будущем от производства машин с двигателями внутреннего сгорания (ДВС). Так, Volvo с 2020 г. переходит на производство только электро- и гибридных моделей. Toyota с 2025 г. больше не будет выпускать автомобили с ДВС без электрического или гибридного аналога и к 2030 г. планирует продать миллион электрокаров. Volkswagen намерен представить к 2025 г. 30 моделей гибридных и 50 – электромобилей, а в дальнейшем «перевести на электричество» весь свой модельный ряд⁶, предлагая два вида для каждой модели. Аналогичные стратегии имеются и у других автопроизводителей.

По прогнозам Международного энергетического агентства, в 2020 г. мировой парк электромобилей составит 13 млн ед., а в 2030 г. увеличится до 130 млн. Согласно докладу BNEF к 2040 г. продажи электромобилей займут примерно 55% на рынке⁷. При этом радикальные изменения произойдут в таких отраслях экономики, как добыча и переработка углеводородов, автомобилестроение, горная добыча, производство аккумуляторов и зарядных устройств, электротехническая промышленность, производство электронного оборудования, автозаправочный сервис. По масштабу влияния на научно-технический прогресс электромобилизацию некоторые эксперты сравнивают с переходом от паровых машин к двигателям внутреннего сгорания, преобразившим как экономическую, так и социальную стороны жизни человека.

Очевидно, уже очень скоро стоит ожидать радикальных изменений и на рынке топливно-энергетических ресурсов. Этому будет способствовать начавшийся бум перевода на электротягу весьма «прожорливых» автобусов и коммерческого транспорта, потребляющих в виде топлива чуть ли не половину добываемой нефти.

⁵ Автопроизводители уже инвестировали в электромобили более 90 млрд долл. URL: <http://www.tadviser.ru/index.php> (дата обращения: 16.05.2019).

⁶ Речь идет как минимум о 300 моделях, входящих в концерн марок Audi, Seat, Skoda, Porsche, Bentley, Bugatti, Volkswagen.

⁷ URL: <https://newsland.com/user/4297655705/content/skoro-elektromobil-budet-stoit-deshevle-benzinovogo-avto/6348390> (дата обращения: 24.05. 2019).

Электробусы вытеснят дизельные автобусы

Особо привлекательный сегмент транспорта на электротяге – городские автобусы. С одной стороны, к ним предъявляются высокие требования по экологичности и шуму, с другой – в большинстве стран этот сегмент полностью контролируется государством, что облегчает задачу его переформатирования под общественные нужды. Международный союз общественного транспорта (UITP) в рамках специальной программы ZeEUS (Zero Emission Urban Bus System) ведет поиск наиболее эффективных решений по интеграции электробусов в транспортные системы городов.

Любопытно, что первые автобусы на электротяге появились задолго до машин с ДВС. Самодвижущиеся повозки с бензиновым двигателем Г. Даймлер и К. Бенц запатентовали в 1886 г., тогда как первый электромобиль для перевозки людей был представлен еще в 1837 г. В начале XX в. в Лондоне на городских маршрутах работали 20 электробусов, сравнительно более эффективных и экономичных, чем их бензиновые аналоги. Одного заряда аккумулятора хватало на 60 км пути, и на конечных станциях опустевшие батареи просто заменяли на новые – процесс занимал три минуты. В США в 1900 г. 38% автомобилей работали на электричестве. Совершенствование двигателей внутреннего сгорания и снижение цен на топливо привели к тому, что уже к 1930-м годам электробусы практически исчезли, ведь в отличие от бензиновых машин они не дешевели, а об экологии тогда не слишком заботились. Появление же в 1920-х гг. дешевых троллейбусов надолго поставило крест на инвестициях в аккумуляторные автобусы.

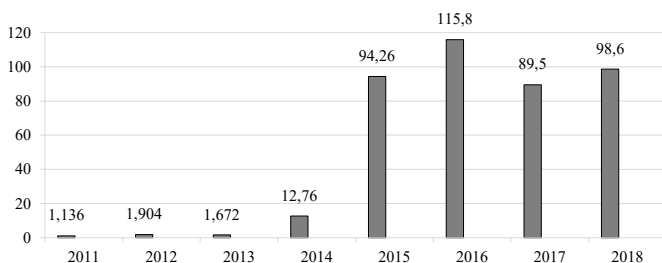
Однако в начале XXI в. на фоне обострения экологических проблем идея перевода автотранспорта на электричество вновь приобрела популярность, и немалую роль в этом сыграло появление литий-ионных батарей. Они не просто оказались способны обеспечивать автономное движение электробусов в течение длительного времени, но и были более-менее приемлемы по цене, что открыло им дорогу на массовый рынок.

Помимо экологичности и бесшумности электробусов, их выгодно отличают от традиционных аналогов низкие эксплуатационные расходы. У современных городских автобусов большого класса расход топлива составляет 30–32 л/100 км (т.е. примерно 13–15 руб./км). При этом расход энергии у сопоставимых с ними электробусов не превышает 1 кВт·ч/км (около

4–6 руб./км⁸). То есть использование электробусов в качестве общественного транспорта в долгосрочной перспективе может быть экономически выгодно.

Однако серьезным препятствием для их более быстрого распространения остается высокая отпускная цена, обусловленная дороговизной батарей (около 40% в стоимости машины). Очевидно, по мере развития технологий и удешевления аккумуляторов (примерно к 2030 г.) цена электробуса приблизится к стоимости его дизельного аналога. Пока же, по расчётам BNEF, электрический автобус с батареей 110 кВт·ч, оснащённый беспроводной зарядкой, достигает паритета с дизельным по совокупной стоимости владения после 60 тыс. км пробега⁹.

Тем не менее мировой парк электробусов за 2016–2018 гг. вырос в 2,4 раза и превысил 550 тыс. ед. (из них около 100 тыс. были проданы в 2018 г.). К 2025 г. прогнозируется рост до 1,2 млн ед., что составит 47% мирового автобусного парка. Лидером и по продажам, и по производству является Китай (рис. 4). В стране выпускается в среднем 2 тыс. электробусов в неделю [Сидорович, 2019]. Их доля в автобусном парке в 2018 г. превысила 20%. Город Шэньчжэнь первый в мире полностью перешел на электро-транспорт – для обслуживания более 16,3 тыс. электробусов там построено 510 зарядных станций и около 8 тыс. мини-установок.



Источник: Электробусный бум. URL: <http://www.gruzovikpress.ru/article/13760> (дата обращения: 15.05.2019).

Рис. 4. Динамика продаж электробусов в Китае в 2011–2018 гг., тыс. ед.

⁸ Может ли городской транспорт перейти на использование перпетуум мобилей. URL: <https://rg.ru/2019/04/03/mozhet-li-gorodskoj-transport-perejti-na-ispolzovanie-perpetuum-mobilej.html> (дата обращения: 28.04.2019).

⁹ Электрические автобусы в городах: сравнительная экономика. URL: <http://renew.ru/electric-buses-in-the-cities-comparative-economics/> (дата обращения: 08.12.2018).

Муниципалитеты Парижа и Амстердама также заявили о переводе всего автобусного парка на электричество в ближайшее десятилетие. Всего же на начало 2019 г. электробусы курсировали по улицам 816 городов в 51 стране.

На улицах городов России (в Санкт-Петербурге, Казани, Екатеринбурге, Перми, Ростове-на Дону и др.) «зеленые» маршруты начали появляться несколько лет назад, но пока только в опытном режиме. В Подмоскovie в Одинцовском филиале «Мострансавто» с 2017 г. тестировался электробус КАМАЗ-6282. В компании подсчитали, что за счет более редкого сервисного обслуживания, отсутствия ряда расходных материалов (топливо, масла, фильтры и т.д.) эксплуатационные затраты у этой машины не превышают 0,5 руб./км (фактически это только оплата электроэнергии), тогда как дизельный автобус только на топливо требует 8 руб./км. Правда, стоит электробус втрое дороже дизельного аналога – 25 млн руб., что «убивает» его экономику. Кроме того, в холодное время года до 80% зарядки аккумуляторов уходит на обогрев и освещение салона, сокращая и без того небольшой запас хода. Тем не менее для решения экологических проблем Москва планирует до 2020 г. закупить 900 электробусов, а к концу 2023 г. вывести на городские маршруты 1,8 тыс. таких машин¹⁰. В 2018 г. первый аукцион на поставку в столицу электробусов выиграли КАМАЗ и ГАЗ – по 100 машин каждый. В начале 2019 г. более 40 электробусов по этому контракту вышли на улицы Москвы. Все они оснащены технологией быстрой зарядки, обеспечивающей 80 км хода.

При переводе общественного транспорта на электротягу неизбежно встает вопрос о создании обслуживающей инфраструктуры. На сегодня существуют три концепции зарядки: ночная, ультрабыстрая и динамическая. Ночная зарядка предусматривает установку на автобус аккумуляторов, емкость которых будет достаточна для пробега в течение всей смены работы подвижного состава. У электробусов с системой ультрабыстрой зарядки емкость аккумуляторов обычно небольшая (50–100 км), рассчитана на пробег без зарядки между конечными пунктами маршрута. Электробусы с динамической зарядкой получают энергию

¹⁰ Москва будет закупать по 800 электробусов в год. URL: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2018/09/04/779901-moskva-elektrobusov> (дата обращения: 22.06.2019).

от контактной сети при движении как троллейбусы. У каждой из них есть свои преимущества и недостатки, которые отражаются на совокупной стоимости эксплуатации парка (табл. 3). Первые две технологии более дороги, поскольку требуют строительства зарядных станций, выделения энерго мощностей. Третья используется, как правило, в городах, где имеются или имелись троллейбусные маршруты с соответствующей сетью проводов и подстанций. Затраты на ее внедрение и обслуживание в разы меньше, чем у первых двух вариантов.

Таблица 3. Усредненные характеристики основных типов электробусов большого класса

Показатель	Электробус с концепцией зарядки		
	ночной	ультрабыстрой	динамической
Средний пробег до зарядки, км	150	От 10 до 50	От 2 до 50
Ёмкость батарей, кВт·ч	250	От 35 до 120	20
Тип батарей	Литий-железо-фосфат LiFePO_4 (LFP), литий-никель-марганец-кобальт LiNiMnCoO_2 (NMC)	Литий-титанатный $\text{Li}_4\text{T}_3\text{O}_{12}$ (LTP), с ограничением зарядного тока литий-никель-марганец-кобальт LiNiMnCoO_2 (NMC), суперконденсатор	Литий-титанатный $\text{Li}_4\text{T}_3\text{O}_{12}$ (LTP), литий-никель-марганец-кобальт LiNiMnCoO_2 (NMC), суперконденсатор, LiFePO_4 (LFP)
Мощность зарядной станции, кВт	50–120	240–350	50–80
Зарядный ток, А	60–80	350–500	70–180
Расход электроэнергии на 1 км пробега, кВт·ч	От 1,4–2,1	От 0,9–1,9	0,9–2,1
Эффективность электрического торможения, %	20–30	25–30	80
Система отопления салона	Дизель		Электро
Время простоя во время заряда батареи, мин	300–600	5–20	Зарядка в движении
Особенности при зарядке	Требует генерации больших мощностей на территории парка	Требует генерации мощностей на конечных пунктах	Равномерная нагрузка в течение рабочего дня
Особенности эксплуатации	Потеря скоростных характеристик при увеличении нагрузки и на подъёмах		Высокие динамические характеристики
Пассажировместимость, чел.	75	90	105
Цена, млн руб.	26–40	25–33	14–23

Источник: Электробусный бум. URL: <http://www.gruzovikpress.ru/article/13760> (дата обращения: 20.05.2019).

Факторы, способствующие электрификации транспорта

Анализ рынка продаж электромобилей позволяет сделать вывод о том, что мир однозначно встал на путь электрификации транспорта. Основными причинами бурного развития электрической мобильности стали следующие:

1) ухудшение экологической ситуации и ужесточение соответствующих нормативных требований к транспортным средствам;

2) развитие технологий, обусловившее повышение удельной мощности, тягово-скоростных характеристик, управляемости электродвигателей до параметров, аналогичных ДВС;

3) развитие конструкций синхронных двигателей переменного тока и технологии электронного управления ими [Ютт, Строганов, 2016];

4) меньшая совокупная стоимость владения электромобилем в эксплуатации по сравнению с автомобилями на нефтяном топливе;

5) усиление конкурентной борьбы производителей за «кошелек» потребителей за счет инновационных технологий;

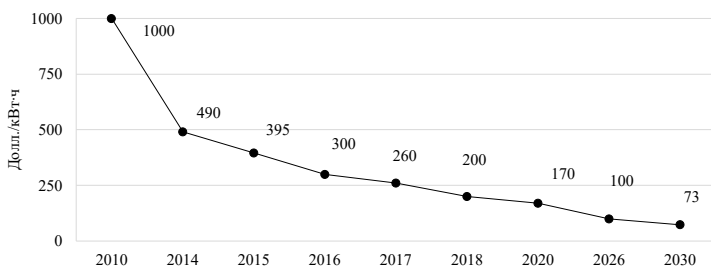
6) создание, организация массового производства, непрерывное совершенствование характеристик и снижение цен литий-ионных аккумуляторов, соответствующих большинству требований к источнику питания тяговых электродвигателей;

7) интенсивное развитие инфраструктуры зарядки аккумуляторов, обусловленное их относительно невысокой капиталоемкостью;

8) активно реализуемая многими странами государственная политика по стимулированию производства и приобретения электромобилей.

Среди вышеназванных факторов ключевыми в определении темпов и сроков замены классических транспортных средств электрическими являются: 6-й и 8-й.

На сегодня литий-ионные аккумуляторы остаются самым дорогостоящим (до 40–45%) компонентом цены электромобиля. За четверть века после их изобретения фирмой Sony (1991 г.) их ёмкость выросла со 110 до 200 Вт·ч/кг, а удельная стоимость значительно сократилась. Еще в 2010 г. она составляла в среднем 1000 долл./кВт·ч, а в 2018 г. – уже 176 долл./кВт·ч (рис. 5).



Источник: по данным BNEF. URL: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2017/11/30/743639-rinok-elektromobilei> (дата обращения 20.02.2019).

Рис. 5. Динамика удельной стоимости литий-ионных тяговых батарей в 2010–2030 гг., долл./кВт·ч

Причины падения цены – массовизация производства, с одной стороны, и постоянное совершенствование технологического процесса – с другой. По прогнозу Bloomberg, даже без каких-либо существенных технологических прорывов стоимость аккумуляторов к 2024 г. снизится до 94 долл./кВт·ч, а к 2030 г. – до 62 долл. Уже сейчас замена модуля батарей Tesla Model 3 стоит около 7000 долл., то есть удельная цена аккумуляторов составляет 87 долл./кВт·ч.

Снижение цен батарей, скорее всего, будет происходить и за счет применения в их конструкции никеля взамен дорогостоящего и дефицитного кобальта. Хотя цена комплектующих вовсе не является определяющей: расчеты показывают, что при росте цен на литий на 50% батарея подорожает лишь на 4%, а удвоение цен на кобальт добавит к цене производства лишь 3%¹¹.

Наряду с уменьшением стоимости батарей, стремительно улучшаются и характеристики электромобилей. Так, если в 2010 г. максимальный запас их хода на одной зарядке не превышал 150 км, то в 2018 г. он перевалил за 530 км. Например, аккумуляторы Tesla Roadster емкостью 250 кВт·ч обеспечивают автомобилю пробег до 1000 км, аккумулятор 36-тонного автопоезда Tesla Semi имеет емкость 1000 кВт·ч, что позволяет пройти 800 км на одной зарядке¹².

¹¹ Падение цен на литий-ионные батареи ставит крест на других технологиях. URL: <http://www.battery-industry.ru/2019/03/14/> (дата обращения: 20.05.2019).

¹² Semi Truck: он существует! URL: <http://www.autotruck-press.ru/articles/2567/> (дата обращения: 29.11.2018).

Массовое производство тяговых аккумуляторов переживает период бурного роста. Если в 2010 г. весь объем мирового рынка литий-ионных аккумуляторов составлял не более 9,1 млрд долл., то по итогам 2016 г. он превысил 26 млрд долл., а к 2025 г., по прогнозу компании Lux Research, только сегмент аккумуляторов для транспорта должен составить 60 млрд долл. По оценкам Bloomberg, к 2030 г. производительность всех типов литий-ионных аккумуляторов с нынешних 100 ГВт·ч вырастет до 1784 ГВт·ч¹³.

Мировыми лидерами в производстве литий-ионных батарей на данный момент являются Panasonic (18% рынка), CATL (17%) и BYD (15%), который уверенно наращивает свои мощности. Но, очевидно, эта конфигурация на бурно растущем рынке будет меняться. Так, Tesla планирует в 2020 г. запустить Gigafactory мощностью на 35 ГВт·ч/год, чтобы обеспечить дешевыми аккумуляторами производство своей Model 3. План выпуска этой машины на 2019 г. составляет 500 тыс. ед. Пока ни один завод не может производить литий-ионные аккумуляторы для Tesla в таких объемах¹⁴.

Весьма амбициозны планы на рынке батарей у Китая, который строит на территории США аккумуляторные заводы суммарной мощностью 120,9 ГВт·ч. Этого хватит для ежегодного оснащения до 1,5 млн автомобилей Tesla Model S. Уже сегодня, по данным BNEF, в Китае производится 55% литий-ионных батарей, а к 2020 г. он намерен довести свою долю на мировом рынке до 65% (отметим, что, по прогнозам, сам рынок должен вырасти до 273 ГВт·ч в год). С этой целью правительство страны стимулирует консолидацию и зарубежную экспансию китайских производителей, развернуло широкую программу поддержки производства электромобилей (в планах к 2020 г. выпустить 5 млн электрокаров). Российское производство литий-ионных аккумуляторов составляет в настоящий момент не более 0,3%

¹³ Стартапы по созданию аккумуляторов будущего привлекли 1,5 млрд долл. URL: <https://hightech.plus/2018/08/13/startapi-po-sozdaniyu-akkumulyatorov-budushego-privlekli-15-mlrd> (дата обращения: 24.06.2019).

¹⁴ Tesla построит еще несколько заводов типа Gigafactory. URL: https://www.c-o-k.ru/market_news/tesla-postroit-esche-neskolko-zavodov-tipa-gigafactory (дата обращения: 13.06.2019).

от мирового¹⁵. Для бытовой электроники гражданского назначения такие батареи в РФ не производятся. Единственным предприятием, способным серийно выпускать литий-ионные аккумуляторы для электротранспорта и систем накопления энергии, является ООО «Литотех-Инновации» (Новосибирск), остальные заводы производят лишь небольшие партии по гособоронзаказу. В 2016 г. новосибирские изделия обеспечили лишь 2,5% внутреннего спроса. При этом Россия импортировала литий-ионных аккумуляторов на сумму 71,5 млн долл. (в 2,5 раза больше, чем в 2010 г.). Львиную долю (62%) поставок обеспечил Китай¹⁶.

Ныне выпускаемые литий-ионные батареи по своим технико-экономическим характеристикам пока далеки от идеала, поэтому во всем мире ведутся масштабные исследования по усовершенствованию аккумуляторов и технологий их производства. По данным Bloomberg, в первом полугодии 2018 г. инвестиции в стартапы, разрабатывающие новые типы батарей, составили 1,5 млрд долл. Основные направления исследований – поиск новых материалов, повышение удельной энергоемкости и сокращение времени зарядки. Приведем только несколько примеров.

Компания Innolith (Швейцария) создала опытные образцы тяговых аккумуляторов емкостью 1 кВт·ч/кг, что вчетверо больше, чем у батарей, устанавливаемых на нынешние электромобили [Гайдукевич, 2019]. Новые аккумуляторы выигрывают также по характеристикам пожароопасности, способности к перезарядке. Такие результаты были достигнуты за счет использования новых материалов (солеподобной субстанции) [Гайдукевич, 2019].

Израильский стартап StoreDot, разрабатывающий аккумуляторы, способные к сверхбыстрой зарядке, привлек 20 млн долл. от компании British Petroleum и 60 млн долл. – от концерна Daimler. Технологии StoreDot основаны на применении неких синтезированных органических молекул, которые ускоряют химическую реакцию, протекающую при зарядке литий-ионных

¹⁵ Потребление литий-ионных батарей в России. Потребительский сектор и батарей для транспорта. виденье и перспективы. URL: <http://alexmasanov.ru/blog/litium-ion-batteryin-russia> (дата обращения: 16.10.2018).

¹⁶ Потребление литий-ионных батарей в России. Потребительский сектор и батарей для транспорта. виденье и перспективы. URL: <http://alexmasanov.ru/blog/litium-ion-batteryin-russia> (дата обращения: 16.10.2018).

батарей. Это позволяет полностью зарядить электромобиль с запасом хода в 480 км всего за 5 минут (против 30–40 минут, требуемых для зарядки лучших из нынешних моделей). Для серийного производства своих батарей StoreDot намерен к 2022 г. построить завод в Китае [Иванов, 2018].

Компания Solid Power займется выпуском твердотельных аккумуляторов нового поколения на основе технологии, разработанной в Калифорнийском университете Боулдер. В ее батареях используется твердый керамический электролит, что делает их не только легче, безопаснее и дешевле аналогов, но и обеспечивает втрое большую емкость. Для создания и производства твердотельных аккумуляторов повышенной емкости в 2018 г. в Японии создан консорциум с участием Panasonic, Toyota Motor, Nissan Motor, Honda Motor, GS Yuasa и др. Они рассчитывают к 2025 г. получить батареи, обеспечивающие запас хода для электромобилей до 550 км (к 2030 г. – до 800 км)¹⁷.

Учеными Кембриджского университета разработан образец литий-кислородного аккумулятора, обладающий чрезвычайно высокой плотностью энергии (в 10 раз выше, чем у литий-ионных батарей). Он на 90% эффективнее существующих аналогов и может выдержать более двух тысяч циклов подзарядки.

Ведутся исследования по замене в батареях дорогого и редкого лития натрием. Принцип работы натриевых аккумуляторов аналогичен литиевым – для переноса заряда в них используются ионы металла. Основной недостаток натриевой технологии – медленная зарядка и низкие токи. Ученым компании BroadBit удалось решить эти проблемы – их батареи заряжаются за 5 минут и имеют в 1,5–2 раза большую емкость, чем литиевые. Компания собирается запустить серийное производство натриевых батарей. В случае их коммерческого успеха рынок может переформатироваться на натриевые технологии в считанные годы¹⁸.

Очевидно, не за горами создание суперконденсаторов на основе графена, который способен накапливать огромный заряд в весьма компактном объеме. Компания Sunvault Energy

¹⁷ Мощные аккумуляторы наконец-то пойдут в серию. URL: http://zoom.cnews.ru/rnd/news/line/moshhnye_akkumulyatory_nakonecto_poydut_v_seriyu (дата обращения: 13.06.2019).

¹⁸ Есть зарядка? URL: https://cheguevova.ucoz.ru/publ/dostizhenija/nauka_i_tekhnika/est_zarjadka/8-1-0-1052 (дата обращения: 02.05.2019).

совместно с Edison Power создали экспериментальный суперконденсатор емкостью 10 тыс. фарад (!) – идеальный для применения на транспорте: он может зарядиться почти мгновенно, экологичен, безопасен, компактен и дешев в производстве. Благодаря новой технологии получения графена (сродни печати на 3D-принтере) Sunvault обещает снизить стоимость батарей в 10 раз относительно литий-ионных аналогов.

Если результаты НИОКР в области аккумуляторов воплотятся в реальные продукты, амбициозные прогнозы экспертов по замене двигателей внутреннего сгорания электрическими могут сбыться гораздо раньше, чем это сейчас предполагается.

Передовой опыт стимулирования сбыта электромобилей

Электромобили пока дороже бензиновых на 40–60%, что является основным сдерживающим фактором роста их продаж. Однако в тех странах, где реализуется государственная политика поддержки экологически чистых видов транспорта, продажи и парк электромобилей растут опережающими темпами. Поддержка проявляется как в разнообразных мерах стимулирования спроса (например, практику налоговой стимуляции применяют 15 из 27 государств – членов ЕС), так и в развитии доступной инфраструктуры для их обслуживания.

Одну из наиболее последовательных программ государственной поддержки электрического транспорта реализует Норвегия (табл. 4), помимо прочего поддерживающая цены на бензин на уровне 1,7 евро, что примерно втрое выше, чем в США или в России. Обширная поддержка «зеленого транспорта» (объем прямого стимула доходит до 25 тыс. долл., а общий объем накопленных государственных субсидий в поддержку электромобилей оценивается в 5 млрд долл.) привела к тому, что цена на электромобили практически сравнялась со стоимостью их «одноклассников» с ДВС. Например, Tesla Model X в сопоставимой комплектации обходится норвежцам дешевле, чем BMW X5, Nissan Leaf стоит столько же, сколько дизельный Volkswagen Golf. А с учетом эксплуатационных расходов электромобили оказываются значительно выгоднее традиционных авто. По подсчетам экспертов Gronn Bil, используя электромобиль, житель Осло экономит в год в среднем 3336 евро.

Таблица 4. Льготы и дотации покупателям электромобилей в некоторых странах

Страна	Льготы и субсидии
Норвегия	Импортная пошлина 0%. Отменен налог на покупку, ежегодный регистрационный сбор, налог для корпоративных авто, плата за дорогу, ставка НДС равна нулю. Зарядка на станциях с мощностью менее 22 кВт бесплатно. Парковка бесплатно. Проезд на платных дорогах, в парках не взимается. Налог с владельцев транспортных средств ниже в несколько раз. Разрешено движение по выделенным полосам общественного транспорта. Регистрационный налог уплачивается по плавающей шкале с надбавкой к сумме произведенных выбросов. С 2009 г. реализуется правительственная Программа установки зарядных станций. Закупка электрического транспорта для муниципальных нужд.
Великобритания	Годовые налоги уменьшают на сумму, составляющую до 1/4 стоимости машины (но не более 7800 долл.), при покупке коммерческого электромобиля налоговая льгота до 20% (не более 12500 долл.). В Лондоне бесплатная парковка в определенных местах, а также бесплатная 4-часовая зарядка автомобиля.
США	Дотация в размере 25% стоимости машины (не более 7500 долл.), налоговые льготы на сумму в размере 50% от цены «зарядки» (до 2 тыс. долл.).
Япония	Отменены единовременный налог на покупку и ежегодный транспортный сбор. В результате стоимость автомобиля снижается в среднем на 45%.
Нидерланды	Освобождены от уплаты налога при регистрации и сбора за пользование дорогами. Отдельные места в паркингах с зарядкой.
Германия	Субсидии в 4 тыс. евро при покупке электромобиля и 3 тыс. – при покупке гибрида.
Франция	Эко-бонусы покупателям транспорта с низкими выбросами – до 6300 евро. Компенсацию в размере до 10 тыс. евро при замене автомобиля старше 13 лет электромобилем, и 6,5 тыс. евро – гибридом.
Россия	Субсидии производителям электротранспорта – по 900 млн руб. ежегодно до 2025 г. Бесплатная парковка в Москве и Санкт-Петербурге.

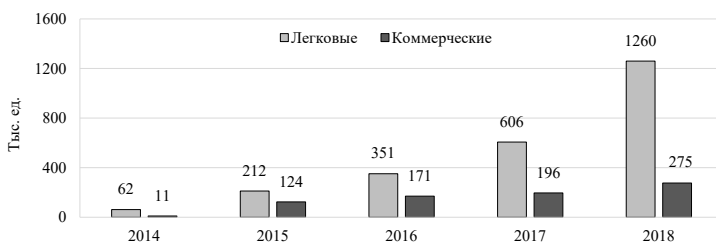
Источник: Субсидии на покупку электромобиля по странам. URL: <https://elonmusk.su/subsidii-na-pokupku-elektromobilya-po-stranam/> (дата обращения: 21.05.2019).

На начало 2019 г. норвежский парк электромобилей достиг 200 тыс. ед. (6%). В стране огромная сеть бесплатных зарядных станций – около 10 тыс., плюс около 2 тыс. – более мощных быстрозарядных (платных). На миллион жителей в Норвегии приходится 7,3 электрозаправок, тогда как в США, например, этот показатель равен 2,1, в Дании – 1,9. Кроме того, у 96% владельцев электромобилей дома имеются персональные зарядные станции.

Все это привело к тому, что в 2018 г. доля электромобилей в объеме продаж легковых машин в этой стране достигла рекордных 49,1%, (еще в 2014 г. было лишь 12%). При этом продажи дизельных автомобилей продолжают падать (в 2017 г. их доля составила 23,1%, в 2018 г. – 17,7%). В 2025 г. правительство страны планирует ввести запрет на продажу дизельных и бензиновых автомобилей [Сидорович, 2019].

Масштабную программу поддержки сбыта и производства электромобилей реализует Китай, планирующий к 2025 г. довести долю электромобилей до 7 млн ед. (20% в общем объеме продаж), а к 2040 г. вообще запретить продажи бензиновых и дизельных машин.

Китайские компании производят более 100 моделей электромобилей. В первой двадцатке самых продаваемых моделей электрокаров 11 – китайского производства (из них пять выпускаются компанией BYD, три – BAIC). Для автопроизводителей установлены нормативы: электромобили или гибриды должны составить не менее 8% от годового объема производства в 2018 г., 10% – в 2019-м, 12% – в 2020-м. Нарушителей ждут штрафы. Это позволяет Китаю с 2015 г. удерживать мировое лидерство по объемам продаж электротранспорта (рис. 6).



Источник: [Цзянь, 2017; Дворецков, 2019], статистические данные продаж электромобилей¹⁹.

Рис. 6. Динамика объема продаж электромобилей в Китае в 2014–2018 гг., тыс. ед.

Подчеркнем, что 63% произведенных в стране легковых электромобилей и 99% электробусов продаются на внутреннем рынке. Более того, 96% проданных в КНР электромобилей – местного производства (впрочем, это легко объяснимо: импортные электрокары в Китае облагаются пошлинами в 40%, и меры господдержки на них не распространяются). На долю шести крупнейших китайских городов (Пекин, Шанхай, Шэньчжэнь, Тяньцзинь, Ханчжоу и Гуанчжоу) приходится 20% мировых

¹⁹ Статистика продаж электромобилей и подзаряжаемых гибридов в 2018 г. URL: <https://habr.com/ru/post/440158/> (дата обращения: 21.05.2019).

Рост по всем фронтам: продажи электромобилей и гибридов. URL: <https://hevcars.com.ua/reviews/globalnyie-prodazhi-elektrokarov-v-pervom-kvartale-2018-goda> (дата обращения: 23.11.2018).

продаж электромобилей, при этом более 75% это «чистые» электромобили (не гибриды).

Сильным стимулом к переходу на «зеленый» транспорт является ужесточение экологических нормативов. Целевой показателем выбросов CO_2 в Китае в 2015 г. был установлен на уровне 200 г/км пробега, с 2020 г. он составит 119 г/км. Для сравнения: в США на 2020 г. норматив составляет 124 г/км, в странах ЕС – 95 г/км. Дополнительно в крупных китайских городах из-за крайне загрязненного воздуха ограничена регистрация автомобилей с двигателями внутреннего сгорания. В частности, все новые такси в Пекине должны быть на электроходу.

Из финансовых льгот для покупателей электромобилей можно назвать систему государственных и провинциальных субсидий, размер которых достигает 50 тыс. юаней (7700 долл.). Плюс к этому для электромобилей установлен внеочередной порядок регистрации. Дело в том, что регистрационные знаки в Китае платные, их стоимость варьирует в зависимости от провинции от 6 до 15 тыс. долл., а количество квотируется, из-за чего очередь на регистрацию длится в среднем 2–3 года. Так, в 2017 г. в Пекине среди 2,9 млн человек, подавших заявку на регистрацию, было разыграно лишь 40 тыс. номерных знаков для бензиновых и дизельных автомобилей [Цзянь, 2017].

Параллельно государство стимулирует развитие зарядной инфраструктуры путем субсидирования строительства зарядных станций, а также в рамках реализации градостроительной политики, политики землепользования, путем регулирования цен на электроэнергию. Количество зарядных станций в Китае уже превысило 500 тыс., только в Пекине установлены 100 тыс. пунктов зарядки аккумуляторов. Госсовет Китая поставил задачу к 2020 г. расширить зарядную инфраструктуру для обеспечения потребностей около 5 млн электрокаров.

Таким образом, буквально за 3–5 лет Китаю удалось запустить процесс электрификации транспорта, охватив все аспекты: производство компонентов и самих электромобилей, создание сети зарядных станций, сервис и утилизацию аккумуляторов.

Заключение

По мере развития конструкций, технологий и инфраструктуры переход на электрический транспорт приобретает лавинообразный

характер. Сегодня во всем мире продается более 2 млн электромобилей в год (2,2% от общего объема продаж), и ежегодно это количество растет на 60–70%. В подавляющем большинстве (70%) речь идет о чисто электрических автомобилях. Определяющими факторами роста производства и покупки электромобилей являются развитие технологий накопления энергии и производства аккумуляторных батарей, а также масштабные государственные субсидии и льготы покупателям и производителям электромобилей. При сохранении существующих тенденций развития тяговых аккумуляторов к 2020 г. цены на электромобили снизятся до уровня аналогов с бензиновыми и дизельными двигателями.

В целом, электромобиль ввиду своей высокой технологичности, экологичности способствует сдвигу всей экономики в сторону энергоэффективных, наукоемких технологий, что должно быть принято во внимание при выборе стратегии развития транспорта будущего.

Литература

Гайдукевич Д. Аккумуляторы для автомобилей: заявлено о революционном прорыве. URL: https://auto.mail.ru/article/72409-akkumulyatory_dlya_avtomobilei_zayavleno_o_revolyucionnom_proryve (дата обращения: 28.04.2019).

Дворецков А. С. 2.1 млн электромобилей продано в мире в 2018 году. URL: <http://www.e-vesti.ru/ru/2-1-mln-elektromobilej-prodano-v-mire-v-2018-godu/> (дата обращения: 07.05.2019).

Иванов С. Нефтяной гигант BP инвестирует \$20 миллионов в технологию ультрабыстрой зарядки электрокаров. URL: <http://evmode.ru/2018/05/23/neftyanoy> (дата обращения: 07.05.2019).

Сидорович В. Невероятный рост продаж электрических автобусов в Китае. URL: <http://renen.ru/electric-buses-record-sales-china/> (дата обращения: 21.05.2019).

Цзянь Я. Должен ли будет Пекин доплачивать упрямым потребителям, чтобы они покупали электромобили? // Automotive News. 2017.12 мая.

Ютт В. Е., Строзанов В. И. Электромобили и автомобили с комбинированной энергоустановкой. Расчет скоростных характеристик. М.: МАДИ, 2016. 108 с.

Статья поступила 21.05.2019.

Статья принята к печати 28.09.2019.

Для цитирования: *Фасхиев Х.А.* Рынок электромобилей – маховик раскрутился// ЭКО. 2020. № 2. С. 102-122. DOI: 10.30680/ЕСО0131-7652-2020-2-102-122.

Summary

Faskhiev, Kh. A., Doct. Sci. (Tech.), The Ufa branch of Financial University under the Government of the Russian Federation, Ufa state aviation technical university, Ufa

Electric Car Market – Spinning Flywheel

Abstract. The analysis of the electric car market explains the reasons for an avalanche-like growth in their sales (averaging over 60% a year in the last 3). The main contribution to the achieved results comes from Chinese manufacturers and consumers. However, the largest automobile concerns are only taking first steps in mastering electric vehicle production, conducting extensive R&D, creating concepts, and improving the product range. The catalysts for intensive development of electric vehicles were the rapid development of battery technology, its cost reduction, as well as government subsidies and preferences extended to buyers and manufacturers of electric vehicles. As these trends intensify, one can expect acceleration in the rate of substitution of traditional types of vehicles with electric cars.

Keywords: *electric car; electric bus; environmental friendliness; market; sales; rechargeable battery; state support; benefits; transport electrification*

References

Dvoretsov, A.S. 2.1 million electric vehicles sold worldwide in 2018. Available at: <http://www.e-vesti.ru/ru/2-1-mln-elektromobilej-prodano-v-mire-v-2018-godu/> (accessed 07.05.2019). (In Russ.).

Gaidukevich, D. Accumulators for cars: announced a revolutionary breakthrough. Available at: https://auto.mail.ru/article/72409-akkumulyatory_dlya_avtomobilei_zayavleno_o_revolyucionnom_proryve (accessed 04.28.2019). (In Russ.).

Ivanov, C. The oil giant BP is investing \$20 million in ultra-fast electric vehicle charging technology. Available at: <http://evmode.ru/2018/05/23/neftyanoy> (accessed 05.07.2019). (In Russ.).

Jian, Ya. (2017). Will Beijing have to pay extra to stubborn consumers to buy electric cars? *Automotive News*. 12 May. (In Russ.).

Sidorovich, V. Incredible growth in sales of electric buses in China. Available at: <http://renen.ru/electric-buses-record-sales-china/> (accessed 05.21.2019). (In Russ.).

Yutt, V.E., Stroganov, V.I. (2016). *Electric cars and cars with combined power plants. Calculation of speed characteristics*. Moscow, MADI Publ. 108 p. (In Russ.).

For citation: Faskhiev, Kh.A. (2020). Electric car market – spinning flywheel. *ECO*. No. 2. Pp. 102-122. (In Russ.). DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2020-2-102-122.