

## *1. Динамика и структура мирового рынка электромобилей*

Электрификация автомобильного транспорта в настоящее время является одним из основных трендов развития мировой автомобильной отрасли<sup>1</sup>. Несмотря на то, что в 2015 г. доля электромобилей в мировом автопарке была незначительная – около 0,1%, по прогнозам эта доля будет быстро расти и составит около 10% к 2030 г. и около 40% к 2050 г.<sup>2</sup>

Основная мотивация в распространении электромобилей связана с повышением экологичности и энергоэффективности автомобильного транспорта, а также с рядом потребительских характеристик: отсутствие шума мотора, динамические характеристики и др. Ключевыми барьерами для распространения электромобилей являются:

- высокая стоимость аккумуляторных батарей/топливных элементов;
- относительно низкий запас хода на одной зарядке;
- неразвитость инфраструктуры, прежде всего – зарядных станций.

Формально выделяется несколько основных типов электромобилей:

- гибридные электромобили с подзарядкой аккумуляторных батарей от двигателя внутреннего сгорания (ДВС) (HEV);
- гибридные электромобили с подзарядкой аккумуляторных батарей от внешней сети (PHEV);
- электромобили, работающие полностью на аккумуляторных батареях (BEV);
- электромобили, работающие на топливных элементах (FCEV).

Первый тип электромобилей, HEV, является в настоящее время наиболее распространенным типом электромобилей в мире (более 1,8 млн. проданных автомобилей или около 70% от общего количества проданных электромобилей в 2016 г.<sup>3</sup>). В то же время

---

<sup>1</sup> Наряду с трендами повышения автономности (autonomous), общего пользования (shared) и включенности в информационную среду (connected). Источник: McKinsey&Company (2017) Electrifying insights: How automakers can drive electrified vehicle sales and profitability

<sup>2</sup> В оценках IEA учитывались только такие типы электромобилей как PHEV и BEV ([https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Global\\_EV\\_Outlook\\_2016.pdf](https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Global_EV_Outlook_2016.pdf)).

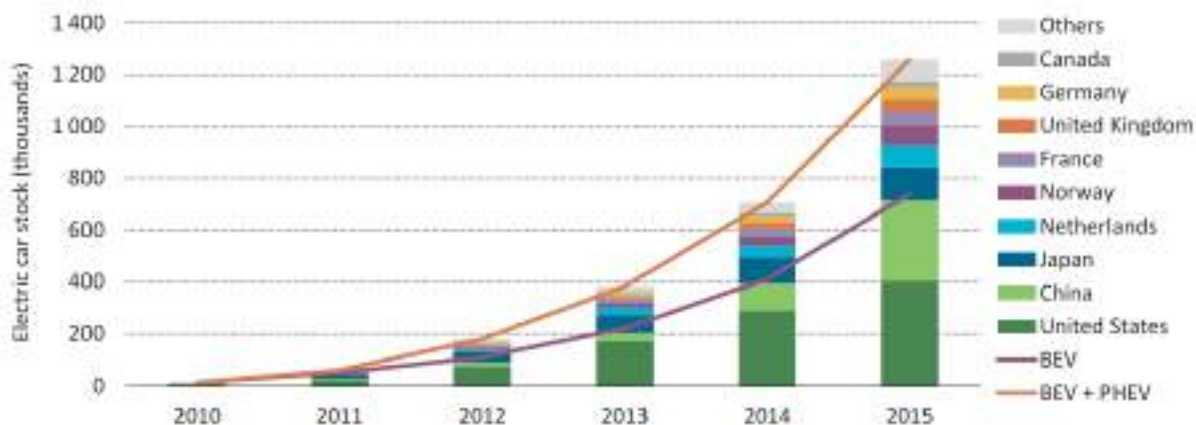
<sup>3</sup> Основной объем производства данного типа электромобилей приходится на одну компанию – Toyota, и наиболее распространен данный тип электромобилей в Японии. (Источник: [http://www.mineralinfo.fr/sites/default/files/upload/comes\\_presentation-c\\_pilot\\_fevrier\\_2017\\_pour\\_diffusion.pdf](http://www.mineralinfo.fr/sites/default/files/upload/comes_presentation-c_pilot_fevrier_2017_pour_diffusion.pdf))

он представляет собой скорее апгрейд автомобиля с двигателем внутреннего сгорания (ДВС), нежели полноценный электромобиль<sup>4</sup>.

Наиболее перспективными типами электромобилей в настоящее время являются PHEV и BEV. В последние годы мировые продажи данных типов электромобилей демонстрируют быстрые темпы роста (в среднем + 50% в год на протяжении 2012-2016 гг.<sup>5</sup>). Основными рынками распространения данных типов электромобилей являются США и Китай. Китай, во многом за счет государственного стимулирования, очень мощно вырос в 2015 г. (Рисунок 1) и в 2016 г. также продемонстрировал опережающие темпы прироста: +21% по PHEV и +68% по BEV (по сравнению с +14% по PHEV и +15% по BEV по остальному миру<sup>6</sup>).

В настоящее время в мире в целом более распространены полностью электрические автомобили (BEV), однако в разных странах структура парка автомобилей различается и в некоторых (Нидерланды, Швеция, Великобритания) доминируют PHEV. Выбор между BEV и PHEV зависит не только от сочетания технических характеристик (дальность пробега на одной зарядке, уровень выбросов CO<sub>2</sub>, уровень шума) и цены, но и от государственных программ субсидирования, а также уровня развития сети электрозаправок в различных странах.

Рисунок 1 – Динамика количества электромобилей (PHEV и BEV) по странам (тыс. шт.)



Источник: [https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Global\\_EV\\_Outlook\\_2016.pdf](https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Global_EV_Outlook_2016.pdf)

<sup>4</sup> Аккумуляторные батареи и электросиловая установка в HEV играют второстепенные функции и нацелены на повышение энергоэффективности. Данный тип электромобилей не учитывается ИЕА при расчете общего автопарка электромобилей в мире.

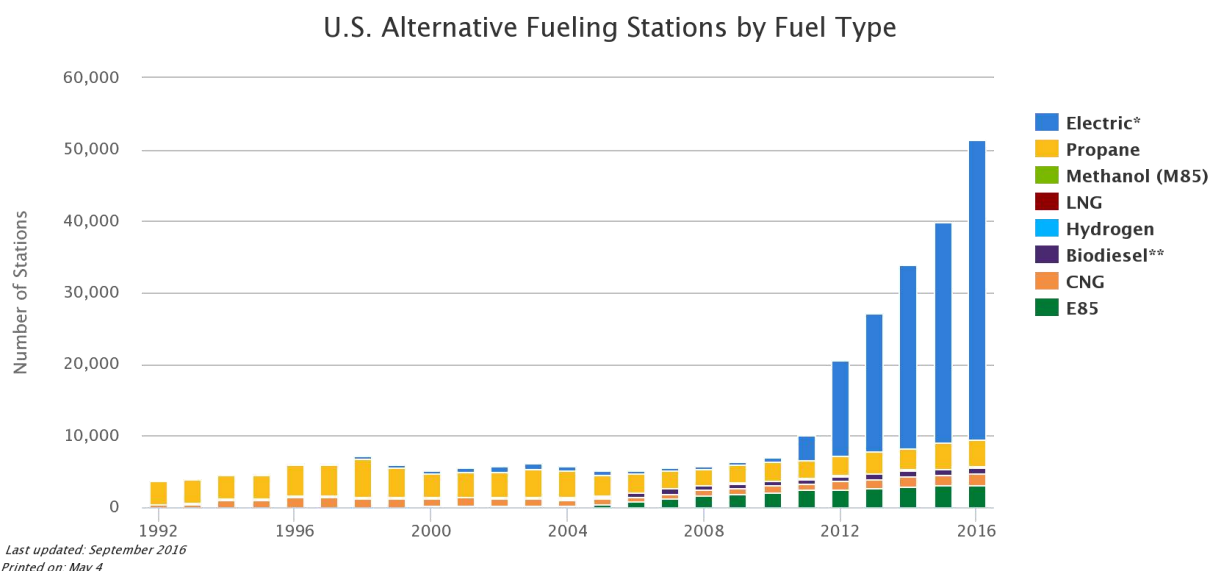
<sup>5</sup> [http://www.mineralinfo.fr/sites/default/files/upload/comes\\_presentation-c\\_pilot\\_fevrier\\_2017\\_pour\\_diffusion.pdf](http://www.mineralinfo.fr/sites/default/files/upload/comes_presentation-c_pilot_fevrier_2017_pour_diffusion.pdf)

<sup>6</sup> [http://www.mineralinfo.fr/sites/default/files/upload/comes\\_presentation-c\\_pilot\\_fevrier\\_2017\\_pour\\_diffusion.pdf](http://www.mineralinfo.fr/sites/default/files/upload/comes_presentation-c_pilot_fevrier_2017_pour_diffusion.pdf)

Электромобили, работающие на топливных элементах, FCEV, пока остаются в основном экзотикой, однако имеют определенные перспективы технологического развития. Так, в 2017 г. на рынке США было представлено всего 3 модели FCEV (Toyota, Honda, Hyundai), в то время как BEV представлена примерно 25-ю моделями, PHEV – более чем 20-ю, а HEV – примерно 40-ка моделями<sup>7</sup>. Аналогично и с объемами продаж: если объемы продаж BEV и PHEV уже в 2015 г. составляли уже более 200 тыс. ед. и 300 тыс. ед. соответственно, то объем мировых продаж FCEV оценивался лишь примерно в 1 тыс. ед. с прогнозом роста до чуть более 70 тыс. ед. к 2027 г.<sup>8</sup>

Соответственно, наблюдается и существенное отставание FCEV в развитии сети заправочных станций. В США с 2011 г. наблюдается быстрый рост количества электростанций (около 40 тыс. на 2016 г.) (Рисунок 2), в то время как количество станций заправки водородом исчисляется десятками единиц. Ситуация с водородными заправочными станциями в ЕС и Японии схожа с американской<sup>9</sup>.

Рисунок 2 - Динамика количества заправочных станций по типам альтернативного топлива



Источник: <http://www.afdc.energy.gov/data/10332>

Далее в рамках обзора рассматриваются электромобили, относящиеся к типам PHEV и BEV. Анализ перспектив развития топливных элементов представлен в Приложении 1.

<sup>7</sup> <http://www.afdc.energy.gov/uploads/publication/model-year-2017-vehicles.pdf>

<sup>8</sup> <http://news.ihsmarket.com/press-release/automotive/global-hydrogen-fuel-cell-electric-vehicle-market-buoyed-oems-will-launch-1>

<sup>9</sup> <http://spectrum.ieee.org/green-tech/fuel-cells/why-the-automotive-future-will-be-dominated-by-fuel-cells>

## 2. Аккумуляторные батареи для электромобилей

Одним из ключевых элементов, определяющих перспективы развития электромобилей, являются аккумуляторные батареи. Именно от аккумуляторных батарей в наибольшей степени зависит, с одной стороны, потенциальная дальность передвижения электромобилей на одной зарядке, с другой стороны – разница в цене с традиционными автомобилями с ДВС. Наиболее распространенным типом батарей для PHEV и BEV в настоящее время являются литий-ионные батареи<sup>10</sup>.

В настоящее время максимальная дальность передвижения электромобилей на одной зарядке может достигать порядка 500 км. В то же время увеличение дальности передвижения электромобилей достигалось во многом за счет увеличения количества и емкости батарей, установленных на электромобилях. Так, автомобили Tesla, обладающие наибольшим запасом хода (334-508 км.), оснащены батареями совокупной энергоемкостью в 60-100 кВт-ч, в то время как электромобили других компаний, ориентированные на запас хода на одной зарядке в 100-200 км., оснащены батареями совокупной энергоемкостью в 20-40 кВт-ч. (Таблица 1).

Таблица 1 – Характеристики аккумуляторных батарей различных электромобилей

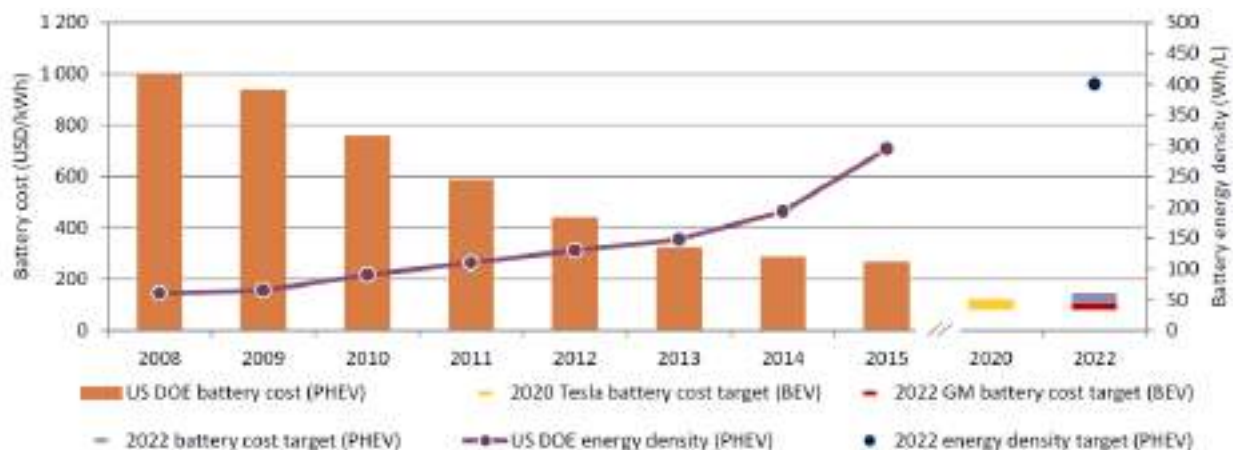
Manufacturer	Model	Battery size (kWh)	Battery Chemistry	Battery Supplier	Vehicle range (mi)	Vehicle range (km)
Tesla	S	60–100	C/NCA	Panasonic/Tesla	208–315	334–508
Tesla	X	60–100	C/NCA	Panasonic/Tesla	208–315	334–508
BMW	i3	22,33	C/NMC	Samsung/Bosch	80,114	129,183
Nissan	Leaf	24,30	C/LMO (C/NMC)	AESC and LG Chem <sup>†</sup>	84,107	135,172
Volkswagen	e-Golf	24,35.8	C/NMC	Panasonic (Sanyo Div.)	83,124	135,200
Chevrolet	Spark	19	C/LFP	A123	82	132
Fiat	500e	24	C/NMC	Samsung/Bosch	87	140
Kia	Soul EV	27	C/NMC	SK Innovation	90	145
Smart	Fortwo EV	17.6	C/NMC	LG Chem	68	109
Ford	Focus EV	35.5	C/NMC	LG Chem	100	160
Mercedes	B-Class Electric	28	C/NCA, (C/NMC)	Panasonic/Tesla and SK Innovation <sup>†</sup>	85	137
Mitsubishi	I	16	LTO/LMO	Toshiba	62	100
Honda*	Fit EV	20	LTO/LMO	Toshiba	82	132
Toyota*	RAV4 EV	41.8	C/NCA?	Panasonic/Tesla	113	182

Источник: <http://jes.ecsdl.org/content/164/1/A5019.full#ref-22>

<sup>10</sup> [https://energy.gov/sites/prod/files/2014/09/f18/battery\\_rd\\_amr\\_plenary\\_june\\_2014\\_final.pdf](https://energy.gov/sites/prod/files/2014/09/f18/battery_rd_amr_plenary_june_2014_final.pdf)

Несмотря на то, что дальность поездок на одной зарядке в передовых моделях электромобилей уже вполне способна удовлетворить потребности потребителей, обратной стороной увеличения дальности передвижения становится рост совокупной стоимости установленных батарей и, соответственно, электромобиля в целом. Цена на батареи для электромобилей за последние годы снизилась почти в 5 раз (с 1000\$ за кВт-ч в 2008 г. до чуть более 200\$ за кВт-ч в 2015 г.) (Рисунок 3). Однако, за счет большой емкости батарей, которые устанавливаются на передовых электромобилях, их цена примерно на 13000\$ выше стоимости традиционных автомобилей, что продолжает тормозить развитие рынка электромобилей в целом<sup>11</sup>.

Рисунок 3 - Эволюция энергоемкости и стоимости батарей для электромобилей



Источник:

[https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Global\\_EV\\_Outlook\\_2016.pdf](https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Global_EV_Outlook_2016.pdf)

Крупнейшие игроки на данном рынке, ведущие аналитические агентства и ведомства (Tesla<sup>12</sup>, McKinsey<sup>13</sup>, Министерство энергетики США<sup>14</sup>) ожидают дальнейшего снижения стоимости батареи – еще примерно на 50% на горизонте в 5-7 лет.

<sup>11</sup> McKinsey&Company (2017) Electrifying insights: How automakers can drive electrified vehicle sales and profitability

<sup>12</sup> <http://www.hybridcars.com/tesla-projects-battery-costs-could-drop-to-100kwh-by-2020/>

<sup>13</sup> McKinsey&Company (2017) Electrifying insights: How automakers can drive electrified vehicle sales and profitability

<sup>14</sup> [https://energy.gov/sites/prod/files/2016/06/f32/es000\\_howell\\_2016\\_o\\_web.pdf](https://energy.gov/sites/prod/files/2016/06/f32/es000_howell_2016_o_web.pdf)