



ЭНЕРГЕТИКА БУДУЩЕГО

**ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТ  
КАК ЧАСТЬ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО МИРА.  
ФАКТЫ И ПРОГНОЗЫ**

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Объединенный институт высоких температур РАН  
(ОИВТ РАН)

Институт энергетической стратегии  
(ЗАО «ГУ ИЭС»)

**ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТ  
КАК ЧАСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО МИРА.  
ФАКТЫ И ПРОГНОЗЫ**

Москва  
2015

УДК 621.331

ББК 39.33

**Тиматков В.В. Электротранспорт как часть электрического мира. Факты и прогнозы**/под. ред. В.В. Бушуева - М.: ИД «Энергия», 2015. – 48 с.

**ISBN 978-5-98908-370-1**

Электрический транспорт в настоящее время – это электрическая тяга на железных дорогах, трамваях и метрополитене. Однако уже сегодня есть все предпосылки для того, чтобы электрический транспорт пришел на автомобильные дороги, сначала как равноправный участник, а затем как доминирующий вид. Электротранспорт не только является воплощением чистых и тихих городов будущего, но и важной составляющей энергетических систем будущего, опирающихся по большей части на возобновляемые источники энергии.

Данная работа – попытка количественно оценить уже достигнутый прогресс в сфере электрического транспорта, наиболее острые текущие проблемы, а также современные ожидания и прогнозы развития этого вида транспорта. При этом уделяется внимание рассмотрению различных аспектов восприятия электрического транспорта. Эмоциональное восприятие электромобилей, развитие аккумуляторных технологий, экономические преимущества электротранспорта, концепция «vehicle-to-grid» – неполный перечень вопросов, рассмотренных в работе.

УДК 621.331

ББК 39.33

© Тиматков В.В., 2015

© ОИВТ РАН, 2015

© ЗАО «ГУ ИЭС», 2015

**ISBN 978-5-98908-370-1**

## Содержание

Введение.....	4
1. Электротранспорт сегодня.....	6
1.1. Роль электротранспорта в экономике России.....	6
1.2. Энергетическая и экономическая эффективность.....	9
2. Легковой электротранспорт автономной тяги.....	14
2.1. Классификация.....	14
2.2. Современное развитие – основные рынки, распространенность, проблемы.....	15
2.3. Государственная поддержка электромобилей в мире.....	20
2.4. Тенденции развития модельного ряда.....	23
2.5. Оценка возможного влияния электромобилей на парниковые выбросы в Российской Федерации.....	27
3. Перспективы развития аккумуляторов как главный драйвер рынка электротранспорта.....	33
3.1. Снижение стоимости аккумуляторных батарей.....	33
3.2. Увеличение удельной емкости.....	35
4. Анализ сырьевой обеспеченности для будущего широкомасштабного внедрения электротранспорта с автономным ходом.....	36
5. Прогнозы рынка автомобилей на перспективу до 2020 года.....	38
Заключение.....	42
Литература.....	44

## Введение

Электротранспорт, до последнего времени по большей части не имеющий запаса энергии на борту, стоит на пороге глобальных перемен, связанных с внедрением автономной электрической тяги. Причем речь идет не только о легковом автомобильном транспорте – накопитель энергии в совокупности с электроприводом позволяет добиться многих преимуществ и на общественном транспорте, и на железных дорогах.

Наличие системы автономного хода за счет энергии аккумуляторных батарей в последние годы стало обязательным требованием при проведении закупок новых троллейбусов [1], литий-ионные батареи внедряются в качестве части гибридной силовой установки на железнодорожном транспорте [2], в российских городах готовится внедрение трамвайных вагонов на аккумуляторном ходу [3].

Появление значительного парка транспортных средств, несущих на борту аккумуляторную батарею, в обозримой перспективе приведет к тому, что развитие транспорта станет тесно связано с развитием электрических сетей. При этом электротранспорт будет становиться не только всё более крупным потребителем электроэнергии – при определенном масштабе внедрения станет возможным также использование бортовых накопителей электроэнергии транспорта в качестве средства регулирования электрических сетей. В англоязычной литературе эта концепция получила название «vehicle-to-grid». Неудивительно, что эксперименты по подобному использованию электрического транспорта уже сейчас проводятся в странах с высокой долей возобновляемых источников энергии в энергобалансе – ведь такие источники энергии имеют нестабильный характер выработки энергии [4].

Определенную роль электротранспорт может сыграть и с точки зрения снижения антропогенных выбросов углекислого газа в атмосферу. Для оценки возможного влияния электротранспорта следует сравнить его интегральную энергоэффективность с эффективностью автомобилей с двигателем внутреннего сгорания, так называемую величину well-to-wheel. Она показывает, сколько необходимо потратить углеводородного топлива для совершения автомобилем 1 км пробега, причем учитываются все энергозатраты цепочки, включая добычу нефти из скважины,

её переработку и производство бензина, его доставку до АЗС и сжигание в двигателе. Аналогичную цепочку строят для электромобиля, с той разницей, что на определенном этапе от углеводородного топлива осуществляется переход на транспортировку, хранение и использование электроэнергии.

Очевидно, что «углеродная» эффективность электромобиля при подобном сравнении будет зависеть от доли неуглеродных источников электроэнергии в энергобалансе рассматриваемого государства – ГЭС, АЭС, солнечных и ветряных электростанций. Часть потребляемой для движения электромобиля энергии будет потребляться от неуглеродных источников электроэнергии, и чем больше будет их доля в энергобалансе, тем меньшее количество углекислого газа будет поступать в атмосферу в расчете на 1 км пробега электромобиля.

# 1. Электротранспорт сегодня

## 1.1. Роль электротранспорта в экономике России

Электротранспорт в России представлен в основном неавтономными видами транспорта, то есть такими транспортными средствами, которые не имеют собственного источника электроэнергии, и могут перемещаться только вдоль специальной инфраструктуры, обеспечивающей питание электропривода. Существуют также транспортные средства для перевозки грузов или пассажиров, питание которых осуществляется от бортовой аккумуляторной батареи, однако они применяются на коротких дистанциях и их роль в общем объеме транспортной работы незначительна.

В части грузовых перевозок железнодорожный электротранспорт играет ключевую роль в обеспечении движения товаров по стране (табл. 1). Если исключить из рассмотрения имеющий узкую специализацию трубопроводный транспорт, то на долю железнодорожного транспорта придется более 85% всего грузооборота. Причем за период 2000-2010 гг. железнодорожный транспорт демонстрирует второй после воздушного транспорта прирост объема – 54%. И, как будет показано далее, в общем объеме грузоперевозок железнодорожным транспортом доминирующую роль занимают перевозки на электрической тяге.

В крупных городах пассажирский электротранспорт играет ведущую роль в обеспечении пассажирских перевозок. Например, в Москве по данным Росстата доля электротранспорта в общем объеме пассажирских перевозок составляет более 70% – в основном, за счет метрополитена. Метрополитен в условиях современного мегаполиса имеет важное преимущество – он не сталкивается с проблемой автомобильных пробок, затрудняющих перемещение автобусов, троллейбусов. Трамваи, хотя трамвайный путь и расположен по большей части за пределами дорожного полотна, так же являются сильно зависимыми от дорожной обстановки, поскольку вынуждены пересекать проезжую часть на перекрестках, где и собираются основные пробки.

Согласно статистическому сборнику «Транспорт и связь в России 2012» [5], за период с 2000 по 2011 гг. в структуре пассажирооборота произошли существенные изменения (табл. 2).

**Таблица 1. Грузооборот в Российской Федерации по видам транспорта**

	Грузооборот, млрд т·км									
	2000 г.	2005 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.		
Транспорт	3638	4676	4948	4446	4752	4916	5056	5084		
железнодорожный	1373	1858	2116	1865	2011	2128	2222	2196		
автомобильный	153	194	216	180	199	223	249	250		
трубопроводный	1916	2474	2464	2246	2382	2422	2453	2513		
морской	122	60	84	98	100	78	45	40		
внутренний водный	71	87	64	53	54	59	81	80		
воздушный	2,5	2,8	3,7	3,6	4,7	5,0	5,1	5,0		

*Источник: Росстат.*



**Таблица 2. Пассажирооборот в Российской Федерации по видам транспорта**

	Пассажирооборот, млрд пассажиро-километров (пкм)										
	2000 г.	2005 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.			
Транспорт, всего	496,2	473,3	512,2	464,2	483,8	502,6	532,5	545,9			
железнодорожный	167,1	172,2	175,9	151,5	138,9	139,8	144,6	138,5			
автобусный	173,7	142,3	152,1	141,5	140,6	138,6	133,3	124,9			
таксомоторный	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1			
трамвайный	25,1	13,5	8,2	7,1	6,7	6,4	6,3	5,3			
троллейбусный	28,1	15	9	7,9	7,1	6,9	6,6	5,7			
метрополитен	46,9	43,4	43,4	42,7	42,4	43,2	45,1	45,6			
морской	0,1	0,09	0,07	0,06	0,06	0,05	0,04	0,04			
внутренний водный	1	0,9	0,8	0,8	0,8	0,7	0,6	0,6			
воздушный	54	85,8	122,6	112,5	147,1	166,8	195,8	225,2			

*Источник: Росстат.*

На фоне четырёхкратного роста пассажирооборота на воздушном транспорте, прочие виды транспорта демонстрируют преимущественно падающую динамику. И если в отношении метрополитена можно говорить о стагнации, то пассажирооборот на трамвайном и троллейбусном транспорте сократился за 13 лет в 5 раз. При этом пассажирооборот на автобусном транспорте сократился не столь существенно – на 28%.

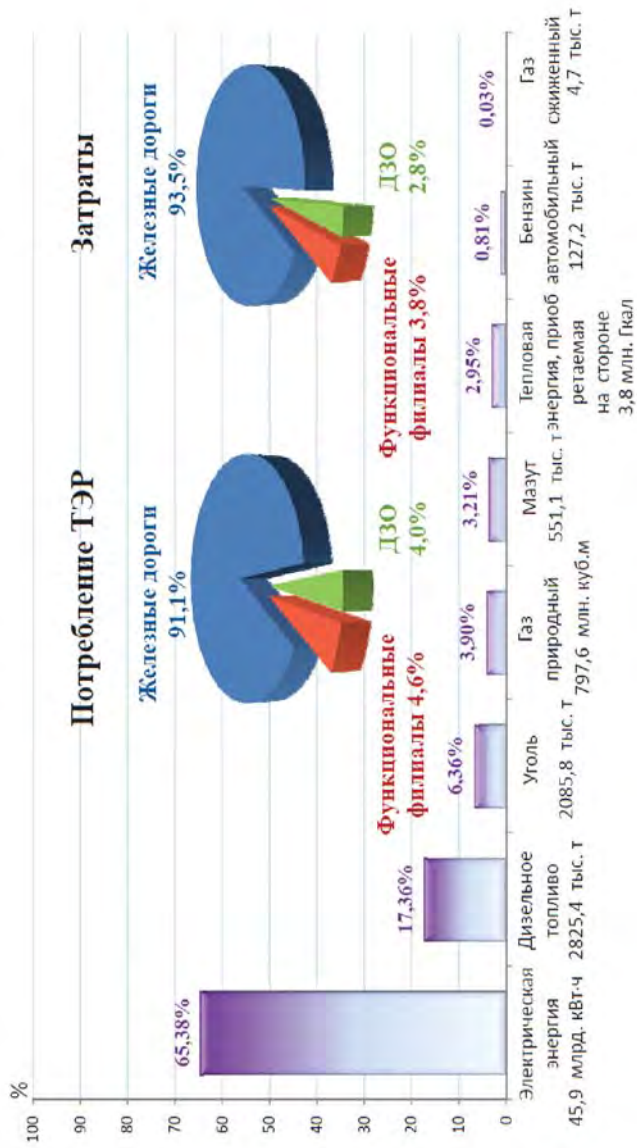
В целом падающая динамика использования общественного транспорта легко объяснима – за период с 2000 по 2013 гг. увеличилась доля граждан, пользующихся личным автомобильным транспортом, что повлекло за собой отток пассажиров общественного транспорта.

Сохранение высокого объема пассажирских перевозок на метрополитене связано с тем, что метрополитен в крупных городах остается практически безальтернативным способом быстро перемещаться на значительные расстояния.

Различия в динамике наземного транспорта, а именно многократное падение объема перевозок троллейбусами и трамваями при незначительном снижении автобусных перевозок можно объяснить двумя причинами. Во-первых, в приведенных выше сведениях из общего объема автобусных перевозок не выделены междугородные автобусные перевозки – на фоне железнодорожного транспорта автобусные рейсы часто являются более удобными и дешевыми. Во-вторых, автобусы и маршрутные такси, в отличие от трамвая и троллейбуса, не связаны инфраструктурой, что позволяет им более гибко реагировать на транспортную обстановку в городе и сохранять высокую загрузку пассажирами.

## ***1.2. Энергетическая и экономическая эффективность***

Электротранспорт в России, и в первую очередь – электрифицированный железнодорожный транспорт, является одним из крупнейших потребителей электроэнергии. Согласно Энергетической стратегии ОАО «РЖД» [6], фактическое потребление электроэнергии компанией составило в 2010 г. 45,9 млрд кВт·ч (рис.1), что равно около 5% от выработки электроэнергии в России. За тот же период потребление электроэнергии прочими видами электротранспорта – поездами метрополитена, трамваями и троллейбусами составило, согласно данным Росстата, 4,4 млрд кВт, то есть 0,4% от выработки электроэнергии в России.



Источник: Энергетическая стратегия ОАО «РЖД».

Рис. 1. Структура исходного сводного топливно-энергетического баланса холдинга «РЖД» за 2010 год

Данные ОАО «РЖД» по энергозатратам и финансовым расходам на разные виды тяги – электрическую и дизельную – позволяют сравнить энергетическую и экономическую эффективность разных видов тяговых установок. При этом сравнение будет весьма объективным, поскольку прочие условия работы транспорта – климатические, маршрутные, рельефные и т.д. – являются очень близкими.

Согласно данным за 2010 г. (рис. 2), расходы на дизельное топливо, затраченное на тягу поездов, составили 26,6% от общих затрат, или 39,2 млрд рублей. Расходы на электроэнергию, затраченную на тягу поездов, составили 52,5% от общих затрат, или 77,4 млрд рублей.

При этом объем грузовой работы, выполненной поездами на дизельной тяге, составил за 2010 г. 561 млрд т·км брутто, а поездами на электрической тяге – 3325 млрд т·км брутто. Приведенные данные показывают, что на каждый 1 млрд т·км брутто при использовании дизельного топлива ОАО «РЖД» затрачивает около 70 млн рублей, а при использовании электрической тяги – лишь 23,3 млн рублей, то есть в 3 раза меньше.

С точки зрения энергетической эффективности преимущество не столь существенно, однако и здесь электротранспорт обеспечивает значительно более высокую эффективность. Согласно данным ОАО «РЖД» за 2010 г., удельный расход электроэнергии на выполнение 10 тыс. т·км брутто транспортной работы составил 115,1 кВт·ч (табл. 3).

Поезда на дизельной тяге для выполнения такого же количества транспортной работы затратили в среднем 64,1 кг условного топлива. Для сопоставления энергозатрат требуется привести тепловую энергию сгорания условного топлива к эквивалентной электрической энергии. Согласно данным Энергетической стратегии России на период до 2030 г. [7], удельный расход топлива на тепловых электростанциях составил в 2008 г. 0,33 кг условного топлива на 1 кВт·ч. Это означает, что из 64,1 кг условного топлива могло быть произведено 194 кВт·ч электроэнергии – на 69% больше, чем требуется электрическим локомотивам для выполнения аналогичного объема транспортной работы.

Приведенные соотношения показывают, что в сопоставимых единицах энергетические затраты на дизельную тягу на 69%

2003 год

59,3 млрд. руб.

тепловая энергия со стороны

3,84%

газ природный

1,25%

прочие виды ТЭР

3,48%

мазут

2,86%

уголь

3,12%

дизельное топливо

4,82%

на неметаллические материалы

4,82%

электроматериалы

43,84%

электроматериалы на тягу поездов

43,84%

электроматериалы на неметаллические материалы

9,29%

электроматериалы на тягу поездов

27,5%

электроматериалы на неметаллические материалы

9,29%

электроматериалы на тягу поездов

27,5%

электроматериалы на неметаллические материалы

9,29%

11,2%

эксплуатационных расходов

2010 год

147,5 млрд. руб.

тепловая энергия со стороны

2,3%

мазут

2,8%

уголь

1,1%

дизельное топливо

3,0%

на неметаллические материалы

3,0%

газ природный

1,3%

прочие виды ТЭР

0,1%

бензин

1,4%

электроматериалы

52,5%

электроматериалы на тягу поездов

52,5%

электроматериалы на неметаллические материалы

8,8%

электроматериалы на тягу поездов

26,6%

электроматериалы на неметаллические материалы

26,6%

электроматериалы на тягу поездов

26,6%

электроматериалы на неметаллические материалы

26,6%

электроматериалы на тягу поездов

26,6%

электроматериалы на неметаллические материалы

26,6%

электроматериалы на тягу поездов

26,6%

электроматериалы на неметаллические материалы

26,6%

электроматериалы на тягу поездов

26,6%

15,0%

эксплуатационных расходов

Источник: Энергетическая стратегия ОАО «РЖД».

Рис. 2. Динамика затрат на приобретение основных видов ТЭР в ОАО «РЖД» в 2003 и 2010 годах

выше, чем затраты на электрическую тягу. Даже если учесть, что часть электроэнергии, произведенной на электростанциях, в процессе передачи на тяговые подстанции ОАО «РЖД» необратимо теряется, уровень этих потерь заведомо ниже, чем 69%.

**Таблица 3. Динамика удельного расхода ТЭР на тягу поездов на железных дорогах ОАО «РЖД» в 2003 - 2010 годах**

Удельный расход ТЭР на тягу поездов	2003 г.	2004 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.
Электроэнергия, кВт·ч/ 10 тыс. т·км брутто	119,7	119,1	117,7	117,2	116,4	115,4	115,7	115,1
Дизельное топливо, кг у.т./10 тыс. т·км брутто	68,6	68,3	67,8	67,1	67,0	66,9	66,3	64,1

*Источник: Энергетическая стратегия ОАО «РЖД».*

*Таким образом, уже при нынешнем уровне развития технологий, в сопоставимых прочих условиях электрический транспорт неавтономной тяги (то есть, питающийся непосредственно от инфраструктуры) является значительно более выгодным как с энергетической, так и с экономической точки зрения.*

Дополнительным подтверждением этому является динамика объема перевозочной работы, выполненной на разных видах тяги (табл. 4). За период 2003-2010 гг. объем работы, выполненной на электрической тяге, вырос на 19%, в то время как на дизельной тяге объем выполненной работы увеличился лишь на 2%.

**Таблица 4. Динамика объема перевозочной работы на железных дорогах ОАО «РЖД» в 2003 - 2010 годах**

Вид тяги	2003 г.	2004 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.
Электрическая	2795,4	3007,1	3091,1	3233,6	3431,2	3491,9	3135,3	3325,5
Дизельная	550,4	577,4	595,7	623,7	631,6	621,6	513,1	561,4

*Источник: Энергетическая стратегия ОАО «РЖД».*

## 2. Легковой электротранспорт автономной тяги

### 2.1. Классификация

Условия для массового перехода на автономную электрическую тягу в области легкового электротранспорта пока не сложились. Однако производители с большим энтузиазмом отработывают различные технологии электротранспорта, пытаясь найти те решения, которые заинтересуют потребителя уже сегодня. В результате появилось несколько типов транспортных средств, в которых в той или иной степени электроэнергия используется для движения. Более-менее устоявшаяся классификация выделяет следующие три основных типа:

- **Классический электромобиль** (battery electric vehicle – BEV, либо plug-in electric vehicle – PEV) – автомобиль с тяговым электроприводом, единственным источником энергии которого является аккумуляторная батарея. Зарядка батареи осуществляется от сети. Наиболее распространенные в настоящее время классические электромобили – Nissan Leaf, Tesla Model S, Mitsubishi i-MiEV.

- **Подключаемый к сети гибридный автомобиль** (plug-in hybrid electric vehicle – PHEV) – автомобиль с комбинированной силовой установкой, состоящей из двигателя внутреннего сгорания и электродвигателя с аккумуляторной батареей. Емкость бортовой батареи в подключаемых к сети гибридах обычно обеспечивает меньший пробег, чем в классических электромобилях – 15...60 км, что может быть вполне достаточно для непродолжительных поездок, характерных для городской среды. Наиболее распространенные в настоящее время подключаемые гибриды – Chevrolet Volt, Toyota Prius PHV, Mitsubishi Outlander P-HEV.

- **Традиционный гибридный автомобиль** (hybrid electric vehicle – HEV) – автомобиль с комбинированной силовой установкой, состоящей из двигателя внутреннего сгорания и электродвигателя с аккумуляторной батареей. Емкость бортовой батареи в традиционных гибридных автомобилях позволяет преодолеть на чисто электрической тяге считанные километры. Основное предназначение электропривода и батареи в этих автомобилях заключается в снижении среднего расхода углеводородного топлива за счет использования рекуперативного торможения, а также за счет оптимизации работы двигателя вну-

треннего сгорания (ДВС) в процессе разгона автомобиля, когда расходуется наибольшее количество топлива. Традиционные гибриды не имеют возможности заряжать батарею от внешнего источника электроэнергии – зарядка осуществляется только во время движения автомобиля.

В данной работе традиционные гибридные автомобили не рассматриваются в качестве электротранспорта.

## **2.2. Современное развитие – основные рынки, распространенность, проблемы**

Современные серийно выпускаемые электромобили сравнительно массово начали выходить на рынок в конце 2000-х годов. Более-менее значимая статистика по продажам начинается с 2010 г., когда счет на продаваемые электромобили пошел на десятки тысяч ежегодно [8-12]. По общей численности парка электромобилей безоговорочным лидером являются США [13], чей парк в 300 тыс. электромобилей составляет примерно 40% от мирового (табл. 5). По доле электромобилей в общем объеме продаж легковых авто, а также по количеству электромобилей, приходящихся на тысячу жителей страны, первое место занимает нефтедобывающая Норвегия.

**Таблица 5. Страны-лидеры по суммарному объему продаж электромобилей**

Страна	Продано электромобилей в 2012-2015 гг.	Доля электромобилей в общем объеме продаж автомобилей, %		Количество электромобилей на 1 тыс. жителей страны по состоянию на 2015 г., ед.
		2013 г.	2014 г.	
США	293 672	0,62	1,56	0,9
Китай	106 657	0,08	0,30	0,1
Япония	97 058	0,85	0,69	0,8
Нидерланды	49 806	5,37	3,93	2,9
Франция	46 936	0,65	0,90	0,7
Норвегия	42 509	5,60	13,92	8,2



История продаж электромобилей различного типа (табл. 6) показывает, что прогнозы конца 2000-х были ошибочны.

Во-первых, доля классических электромобилей существенно превосходит долю подключаемых гибридов, хотя изначально прогнозировались более высокие темпы продаж именно подключаемых гибридов.

**Таблица 6. Мировой объем продаж различных типов электромобилей по годам, ед., и доля каждого типа, %**

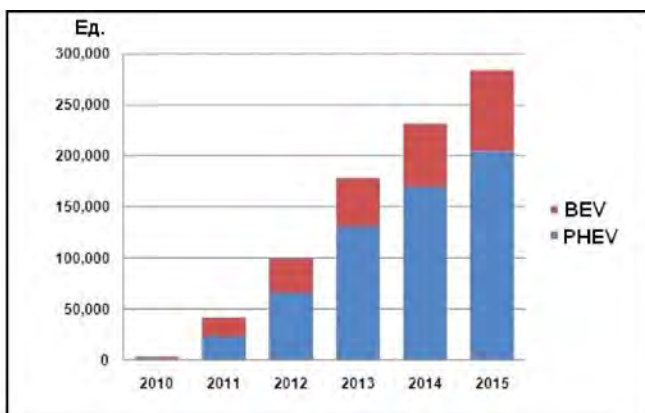
Тип электро-мобилья	2012 г.		2013 г.		2014 г.		2012-2014 гг. всего	
	Подключаемый гибрид	62 100	50,3%	92 100	45,5%	113 600	39,7%	267 800
Классический электро-мобилья	61 500	49,7%	110 400	54,5%	172 300	60,3%	344 200	56,2%

Источник: <http://ev-sales.blogspot.com>

Аргументировалось это тем, что подключаемый гибрид за счет менее емкой батареи стоит меньше классического электромобилья. Кроме того, подключаемый гибрид за счет использования двигателя внутреннего сгорания имеет суммарный запас хода в разы больше, чем классические электромобили – а ведь именно небольшой запас хода является одной из основных претензий к электромобильям со стороны потенциальных потребителей.

Так, например, для рынка США в 2013 г. исследовательский центр Pike Research прогнозировал долю подключаемых гибридов на уровне 75%, а долю классических электромобилей – 25% (рис. 3). Фактически же, по данным Electric Drive Transport Association, в 2013 г. в США было продано практически равное количество этих видов транспорта – 49 тыс. подключаемых гибридов и 47,7 тыс. «чистых» электромобилей [14].

В целом по миру в 2013 г. «чистые» электромобили заняли более половины рынка, а за период январь-апрель 2014 г. их доля выросла уже до 60%.



*Источник: Pike Research.*

**Рис. 3. Прогноз объема продаж различных типов электромобилей в США**

Что касается общего объема продаж, то его изначальные прогнозы оказались завышенными примерно в два раза. Например, в отношении США прогноз на 2013 г. составлял около 170 тыс. электромобилей, в то время как фактический объем продаж составил 96,7 тысяч.

Почему темпы распространения оказались ниже прогнозов? Возможно, аналитики недооценили психологические факторы, препятствующие выбору электромобиля в качестве приобретения. Лаборатория транспортных исследований Великобритании (Transport Research Laboratory) провела опрос среди автолюбителей, которым на неделю выдавался подключаемый гибрид либо классический электромобиль для проведения тест-драйва [15].

Участники должны были соответствовать, по крайней мере, одному из следующих критериев:

- последний автомобиль приобретен или арендован меньше 2-х лет назад, в настоящее время участник ищет новую машину;
- участники не имели опыта вождения электромобиля;
- участники имели в собственности от одного до четырех бензиновых автомобилей (в среднем 2);

- средний еженедельный пробег составлял от 48 до 1200 км (в среднем 300 км);
- годовой доход в среднем составлял 41-70 тыс. фунтов, что выше среднего в Великобритании – 31 тыс. фунтов.

Процедура опроса заключалась в следующем. Участникам выдавали электромобили разных типов (PHEV и BEV) на 7 дней, после чего проводили опрос. Также была измерена общая дистанция пробега, которая в среднем составила 250 км. Водители чистых электромобилей (BEV) проехали за время тест-драйва расстояние от 40 до 240 км, водители гибридных электромобилей (PHEV) совершили пробег в диапазоне от 16 до 1100 км.

По результатам опроса, негативные стороны восприятия электромобилей можно сгруппировать следующим образом:

#### Экономическая выгода

Многие водители были обеспокоены финансовыми последствиями покупки и владения электромобилей, и попытались вычислить возможные издержки и экономии по сравнению с обычными автомобилями. Большинство водителей пришло к выводу, что высокая цена электромобиля не является экономически оправданной. В значительной степени эта убежденность подкреплялась тем, что дорогой электромобиль предлагал меньший уровень комфорта, чем дешевый обычный автомобиль.

Кроме того, многие высказывали опасения по поводу ожидаемого срока службы аккумуляторной батареи, имея в виду возможные значительные расходы в будущем, на замену вышедшей из строя батареи.

#### Комфорт при вождении

Большинство водителей пришло к выводу, что динамика протестированных электромобилей оказалась ниже, чем у современного автомобиля с ДВС. В связи с этим им не хватало уверенности в некоторых дорожных ситуациях. Многие из участников опроса нашли управление электромобилем менее приятным, чем обычным автомобилем.

Пользователи электромобилей были также обеспокоены остаточным уровнем запасенной энергии в батарее, и доступом к подзарядке. Такая тревога была распространена, особенно когда водители не могли предсказать, как далеко они будут путешествовать, и насколько хватит оставшегося заряда батареи, или когда внезапно возникала необходимость совершить более дальнюю поездку, чем обычно.

Беспокойство за количество энергии заставляло водителей отказываться от использования кондиционера и аудиосистемы, что еще больше снижало удовольствие от вождения.

Из-за ограниченности дистанции чистых электромобилей участники рассматривали их как второй автомобиль для коротких местных поездок.

Участники опроса также выразили беспокойство по поводу зарядки в общественных местах, поскольку автомобиль становился уязвимым для хулиганов, которые могли выдернуть или повредить провод или разъем для зарядки.

Многие водители отметили отсутствие шума двигателя, и нашли это очень комфортным. Однако другие участники опроса жаловались на то, что пешеходы слишком поздно замечают электромобиль из-за его практически бесшумного движения. Это увеличивало шансы дорожно-транспортных происшествий с участием пешеходов, и заставляло водителей нервничать.

#### *Зарядка электромобилей*

Находя зарядку электромобилей весьма удобной в домашних условиях ночью, водители отметили, что днем зарядка была для них затруднительной в связи с высокой длительностью и низким развитием общественных станций зарядки. Участники опроса были недовольны необходимостью менять маршрут или образ жизни из-за ограниченности дистанции и продолжительности зарядки электромобиля. Время, затраченное на ожидание зарядки электромобиля, было расценено, как потраченное впустую, что также снижало удовольствие от вождения.

#### *Имиджевые аспекты*

Смуцало некоторых участников опроса и внешнее впечатление, которое производил электромобиль. Водители считали, что электромобиль недостаточно привлекателен и отмечали, что дизайнеры сделали упор на практичность электромобиля, а не на визуальную привлекательность. При сравнении с обычными автомобилями аналогичного ценового диапазона (премиум-класс), электромобили, очевидно, проигрывали первым.

Большинство водителей электромобилей стыдились, что не могут ездить так же быстро и уверенно как водители обычных авто, при этом они отмечали, что остальные участники движения действовали на них пугающе или даже относились к ним с усмешкой.

Возможный образ жизни владельца электромобиля оценивался участниками опроса как неспешный и скучный. Это не совпадало с их собственным образом жизни, что служило отталкивающим фактором.

### *Электромобиль в стадии разработки*

Большинство участников опроса признали, что электротранспорт – это развивающийся проект, который даст хороший результат в будущем. Водители верят, что в дальнейшем новый тип авто будет соответствовать стандартам обычных автомобилей, таким как дизайн, стоимость и удовольствие от вождения. Также, участники опроса будут ждать этих улучшений для приобретения электромобиля в будущем.

Тем не менее, большинство водителей воспринимает электромобиль как экспериментальный продукт с завышенной ценой, который еще требует значительных доработок. Особо отмечалась необходимость доработки технологии зарядки батареи с целью сокращения времени зарядки.

Некоторые из участников опроса заявили, что ассортимент электромобилей слишком узок и нуждается в расширении модельного ряда.

Ни один из участников не пожелал приобрести электромобиль, считая этот вид транспорта еще слишком дорогим и недоработанным, из-за опасений быстрого обесценивания и возможностью появления более современных моделей. Готовность будущей покупки в значительной степени связывалась с реализацией инфраструктурных проектов и развитием технологий.

### ***2.3. Государственная поддержка электромобилей в мире***

Полагая развитие электротранспорта перспективным для решения различных проблем, многие государства принимают меры поддержки, призванные стимулировать спрос на электрические автомобили со стороны частных покупателей и коммерческих организаций [16-22].

Среди таких мер можно перечислить следующие:

- субсидии или налоговые вычеты, предоставляемые при приобретении электромобиля;
- освобождение от транспортного налога (налог на транспортное средство, уплачиваемый ежегодно);

- освобождение от регистрационного налога (единовременный налог, взимаемый при регистрации транспортного средства в государственных органах);
- право на бесплатную парковку в зонах, где парковка обычных автомобилей является платной;
- право проезда по полосам общественного транспорта;
- право на бесплатный проезд по платным автомобильным дорогам;
- освобождение от уплаты НДС и ввозных таможенных пошлин при импорте электромобиля.

В табл. 7 приведены меры, применяемые в странах с наиболее развитым рынком электромобилей.

Действенность указанных мер зависит от множества факторов, отличающихся в разных странах. Склонить потребителя к выбору электромобиля может и высокая стоимость бензина, и транспортный налог, и проблемы с парковкой в городе. Верный подбор комплекса стимулирующих мер – очевидно, непростая задача.

Показательно, что наилучшие показатели по количеству электромобилей на 1 тыс. жителей и по доле электромобилей среди всех проданных автомобилей демонстрирует Норвегия – одна из немногих стран Евросоюза, не предлагающая прямой финансовой поддержки покупателю в виде субсидии или налогового вычета при приобретении электромобиля. И если, как было показано в табл. 6, доля электромобилей на автомобильном рынке Норвегии в 2014 г. составила 13,9%, то за первые три месяца 2015 г., по данным Норвежского совета по дорожному движению, она достигла величины 26,6% – 9423 проданных электромобиля при общем объеме продаж 35367 автомобилей [23]. Столь высокий успех мер государственной поддержки, не связанных напрямую с финансовым поощрением приобретения электромобиля, внушает осторожный оптимизм в отношении возможного эффекта от применения подобных мер в России.

**Таблица 7. Меры государственной поддержки,  
стимулирующие приобретение электромобилей в разных странах**

Мера поддержки	Страна, применяющая данную меру
Субсидии на приобретение	Великобритания – 7800 USD Индия – 2400 USD Ирландия – 5000 EUR Испания – 25% от цены, но не более 6000 EUR Канада – 4000 USD Китай – 10 000 USD Нидерланды – до 5000 EUR для коммерческого транспорта Португалия – 5000 EUR Румыния – 25% от цены, но не более 5000 EUR Франция – 30% от цены, но не более 7000 EUR Швеция – 4200 EUR Эстония – в среднем 16500 EUR Япония – 8500 USD
Налоговый вычет при приобретении	Бельгия, 30% от цены, но не более 9000 EUR США, не более 7500 USD (во многих штатах есть доп. субсидии)
Освобождение от транспортного налога	Австрия – 100% Греция – 100% Италия – 100% первые 5 лет владения, затем 75% Китай – 100% Нидерланды – 100% Норвегия – 100% Португалия – 100% Чехия – 50% для коммерческого транспорта Швейцария (в некоторых кантонах) Швеция – 100% первые 5 лет владения Штат Дели (Индия) – 100% Япония – льготная ставка налога
Освобождение от регистрационного налога	Дания (величина налога 105-180% от стоимости автомобиля) Нидерланды Норвегия Португалия Япония

Мера поддержки	Страна, применяющая данную меру
Бесплатная парковка	Германия Норвегия
Проезд по полосам общественного транспорта	Германия Норвегия
Бесплатный проезд по платным дорогам	Норвегия Великобритания - бесплатный въезд в центр Лондона Япония
Нулевая ставка НДС	Индия – 0% Исландия – 0% при цене до 40.000 EUR Норвегия – 0%
Освобождение от ввозных таможенных пошлин	Швейцария

#### ***2.4. Тенденции развития модельного ряда***

Электромобили как массовый продукт появились в сегменте А-класса. Именно к этому классу относят появившийся в 2009 г. Mitsubishi I-Miev, который стал первым современным автомобилем с электроприводом, способным наравне с обычными автомобилями двигаться по автомагистралям. Mitsubishi I-Miev принадлежит своеобразный рекорд – в феврале 2011 г. он стал первым в истории серийно выпускаемым электромобилем, объемом продаж которого превысил 10 тыс. штук.

Однако уже в 2011 г. самым продаваемым электромобилем стал представитель С-класса Nissan Leaf. Этот классический электромобиль в настоящее время является абсолютным рекордсменом – по состоянию на март 2015 г. суммарный объем продаж данной модели превысил 165 тыс. штук [16].

В 2012 г. первое место по объему продаж с минимальным перевесом занял подключаемый гибрид Toyota Prius Plug-In, относящийся к D-классу, однако в 2013-2014 гг. Nissan Leaf снова показал наилучшие продажи.



Анализ объемов продаж различных марок пассажирских электромобилей в 2014 г. показывает, что структура рынка по классам автомобилей существенно отличается от аналогичной структуры рынка обычных автомобилей (табл. 8).

**Таблица 8. Структура рынка электромобилей и автомобилей с ДВС по классам**

Класс, к которому относится автомобиль*	Доля класса на рынке электромобилей, %	Доля класса на рынке автомобилей с ДВС**, %
<i>Microcar</i> (пограничный между автомобилем и квадроциклом)	3,5	<1
<b>A-класс</b> (микролитражка)	10,6	9,5
<b>B-класс</b> (малолитражка)	9,6	26,5
<b>C-класс</b> (гольф-класс, малый средний класс)	30,6	29,0
<b>D-класс</b> (средний класс)	17,7	11,0
<b>E/F-класс</b> (высший средний класс, представительский класс)	11,1	3,5
<b>SUV</b> (внедорожник, автомобиль повышенной проходимости)	11,1	15,0
<b>MPV</b> (минивэн)	4,3	2,9

\* Деление автомобилей на классы является достаточно условным, возможны разночтения.

\*\* Данные The International Council on Clean Transportation по европейскому рынку EU-27.

Основное отличие заключается в смещении предпочтений потребителей в сторону более высокого класса при приобретении электромобиля. Доля D+E+F – классов на рынке электромобилей составляет около 29%, в то время как на рынке обычных автомобилей данные классы в сумме занимают лишь 14,5%. Доля малогабаритных машин A+B – классов на рынке электромоби-

лей составляет 20%, хотя среди автомобилей с ДВС эти два класса занимают 36%.

Объяснением таких отличий может служить сравнительно высокая стоимость электромобиля, делающая его доступным только высокообеспеченным слоям населения. Человек, уже имеющий в своем гараже автомобиль среднего или более высокого класса, вряд ли сделает выбор в пользу электромобиля, внешне похожего на обыкновенную малолитражку.

Так или иначе, по итогам 2014 г. можно сделать вывод, что на рынке чистых электромобилей и подключаемых гибридов в настоящее время существует предложение во всех сегментах, от самых скромных до самых люксовых автомобилей. При этом по-прежнему электромобиль является недоступным для массового потребителя из-за высокой стоимости, и к тому же обладает сравнительно невысоким запасом хода, что вкупе со слабым развитием зарядной инфраструктуры дополнительно ограничивает его популярность.

Характерно, что среди анонсированных на 2015-2017 гг. моделей есть два чисто электрических автомобиля, обладающих крайне привлекательным сочетанием стоимости и дальности пробега.

Так, General Motors анонсировала Chevrolet Bolt, кроссовер с запасом хода на батарее 320 км [17]. Модель должна выйти на рынок в 2017 г. при цене около 30 тыс. долл. США (с учетом предоставляемого в США налогового вычета в размере 7500 долл. USD при приобретении электромобиля).

В свою очередь, компания Tesla в ближайшие годы собирается пополнить свою линейку электромобилей моделями Tesla X и Tesla 3. Причем Tesla 3, похоже, должен стать конкурентом Chevrolet Bolt, поскольку для него заявлены крайне схожие параметры: запас хода на батарее 320 км, стоимость до применения государственных льгот – 35 тыс. долл. США [18].

Для сравнения: единственный продающийся в настоящее время электромобиль с подобным запасом хода – это Tesla S, однако он, как минимум, вдвое дороже – его стоимость составляет 70 тыс. долл. США в самой минимальной комплектации. Иными словами, в ближайшие два года одно из важнейших потребительских качеств электромобиля может стать в два раза дешевле. Подобный прорыв должен привести к взрывному росту спроса, и производители предвидят подобный вариант развития событий. Так, руководитель компании Tesla Илон Маск заявил, что хотя

первые продажи модели Tesla 3 ожидаются в 2017 г., развертывание масштабов производства до удовлетворения ожидаемого спроса может завершиться только к 2020 году.

В целом, в период 2015-2017 гг. уже анонсирован выход на рынок 16 новых моделей электромобилей, в том числе 5 чисто электрических и 11 подключаемых гибридов (табл. 9). Причем среди анонсированных нет ни одной модели А- или В-класса, что согласуется с приведенным выше анализом структуры рынка электромобилей. Малоразмерные электромобили не пользуются столь высоким спросом, как их бензиновые и дизельные аналоги, поэтому выход на рынок более солидных и представительных по внешнему виду автомобилей представляется вполне логичным.

Налицо и увеличение запаса хода на батарее, причем как у чистых электромобилей, так и у подключаемых гибридов. Если ранее для гибридов средний пробег на батарее составлял в среднем по модельному ряду около 38 км, то среди анонсированных моделей эта величина составляет уже 52 км – на 37% больше. Аналогично и с пробегом чистых электромобилей – для наиболее массовых моделей 2013-2014 гг. запас хода в среднем составил 180 км, а модели 2015-2017 гг. предлагают уже в среднем 360 км – то есть в два раза больше пробега, и это уже сопоставимая величина с запасом хода обычного бензинового автомобиля.

**Таблица 9. Модели электромобилей, выпуск которых анонсирован на 2015-2107 гг.**

Название модели	Запас хода на батарее, км	Класс	Ожидаемый год выхода на рынок
Чистые электромобили			
Audi R8 e-tron	450	спорткар	2015
Tesla Model X	430	кроссовер	2015
Detroit Electric SP.01	290	спорткар	2016
Chevrolet Bolt EV	320	кроссовер	2017
Tesla Model 3	320	D-класс	2017

Название модели	Запас хода на батарее, км	Класс	Ожидаемый год выхода на рынок
Подключаемые гибриды			
BYD Tang	80	SUV	2015
Mercedes-Benz C 350 e	31	C-класс	2015
Volvo XC90 T8	40	SUV	2015
BMW X5 eDrive	30	SUV	2015
Chevrolet Volt second generation	80	C-класс	2015
Volkswagen Passat GTE	50	D-класс	2015
Volvo S60L PPHEV	50	D-класс	2015
Hyundai Sonata PHEV	н/д	D-класс	2015
Audi Q7 e-tron	56	SUV	2015
Chrysler Town & Country plug-in hybrid	48	минивэн	2016
Cadillac CT6 Plug-in Hybrid	н/д	F-класс	2016

### ***2.5. Оценка возможного влияния электромобилей на парниковые выбросы в Российской Федерации***

В соответствии с «Национальным докладом о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов не регулируемых Монреальским протоколом за 1990 – 2012 гг.», около 73% от общих выбросов парниковых газов приходится на CO<sub>2</sub>, а топливно-энергетический комплекс отвечает за 81,4% выбросов парниковых газов (табл. 10).

**Таблица 10. Структура выбросов парниковых газов в России по источнику возникновения, млн тонн CO<sub>2</sub>-экв.**

	2002 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.
Топливо-энергетический комплекс	1 695	1 826	1 881	1 885
Промышленные процессы	167	175	178	181
Использование растворителей и другой продукции	0,53	0,56	0,57	0,57
Сельское хозяйство	155	141	144	144
Землепользование, изменения в землепользовании и лесное хозяйство	-527	-567	-573	-542
Отходы	62	78	81	84
<b>ИТОГО</b>	<b>1 553</b>	<b>1 654</b>	<b>1 711</b>	<b>1 753</b>

*Источник : Национальный доклад Российской Федерации о кадастре антропогенных выбросов парниковых газов за 1990 – 2012 гг.*

В обосновывающих материалах к Энергетической стратегии России на период до 2030 года указан прогнозный объем выбросов парниковых газов в России в разрезе составляющих газов (табл. 11).

Определение возможного снижения выбросов парниковых газов в результате использования электромобилей и автомобилей на топливных элементах вместо традиционных автомобилей на ДВС в современных российских условиях опирается на следующие исходные данные для расчета:

- среднее потребление топлива современного легкового автомобиля при движении в городском цикле – 9 л/100 км;
- среднее потребление электроэнергии для электромобиля – 21 кВт·ч/100 км;
- доля тепловой энергетики в структуре российской электрогенерации – 66,7%;
- доля природного газа в топливном балансе тепловой электрогенерации – 73%;
- средний расход условного топлива на производство электроэнергии – 335 г/кВт·ч;

- коэффициент перевода каменного угля в условное топливо по массе – 0,7;
- коэффициент перевод природного газа в условное топливо – 1,15 кг у.т. / м<sup>3</sup>;
- содержание углерода в каменном угле по массе – 82%;
- содержание углерода в природном газе по массе – 75%;
- содержание углерода в бензине по массе – 84,2%;
- масса углекислого газа, образующегося при сжигании 1 кг углерода – 3,67 кг;
- плотность природного газа – 0,75 кг/м<sup>3</sup>;
- плотность бензина – 0,75 кг/л;
- энергозатраты на производство бензина, от добычи нефти до продажи на АЗС – около 15% от энергоемкости бензина;
- средний уровень потерь в электросетях – 10%;
- КПД процесса зарядки аккумулятор на электромобиле – 85%.

На 100 км пробега традиционный автомобиль с бензиновым ДВС затратит 9 л бензина. Масса сгоревшего при этом углерода составит:

$$9 \cdot 0,75 \cdot 0,842 = 5,68 \text{ кг.}$$

Суммарные выбросы CO<sub>2</sub>, с учетом энергозатрат на добычу нефти, производство, транспортировку и сбыт бензина составят: 5,68 · 3,67 · 1,15 = 24 кг.

Оценим выбросы углекислого газа для электромобиля. С учетом доли тепловой генерации в структуре выработки электроэнергии в России, равной 66,7%, и принимая для расчета, что производство электроэнергии на ГЭС и АЭС практически не создает выбросов парниковых газов, будем учитывать только 21 · 0,667 = 14 кВт·ч из потребляемой электромобилем энергии при пробеге в 100 км.

Для производства 14 кВт·ч электроэнергии потребуется 0,335 · 14 = 4,69 кг условного топлива. Используя распределение газа и угля в топливном балансе тепловой электроэнергетики, а также коэффициенты для перевода условного топлива в уголь и природный газ, получим, что для производства 14 кВт·ч электроэнергии на тепловых станциях необходимо затратить 2,23 кг угля и 2,10 кг природного газа. Сжигание этого топлива приведет к образованию CO<sub>2</sub>:

$$(2,23 \cdot 0,82 + 2,10 \cdot 0,75) \cdot 3,67 = 12,49 \text{ кг.}$$

**Таблица 11. Прогнозный объем выбросов парниковых газов в России до 2030 г., млн тонн**

Показатели	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2020 г.	2025 г.	2030 г.
<b>Выбросы CO<sub>2</sub></b>	<b>1614</b>	<b>1621</b>	<b>1634</b>	<b>1658</b>	<b>1683</b>	<b>1852</b>	<b>2022</b>	<b>2147</b>
В т.ч. от сжигания:								
-газа	854	858	868	873	891	964	1018	1053
-нефти	306	309	308	315	320	340	387	409
-угля	453	455	458	469	471	548	617	686
<b>Выбросы CH<sub>4</sub></b>	<b>396</b>	<b>399</b>	<b>406</b>	<b>410</b>	<b>422</b>	<b>457</b>	<b>478</b>	<b>479</b>
В т.ч. от сжигания:								
-газа	12,7	12,8	13,1	13,2	13,7	15,0	15,7	15,8
-угля	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,7	3,8	3,8
<b>Выбросы N<sub>2</sub>O</b>	<b>4,1</b>	<b>4,1</b>	<b>4,1</b>	<b>4,2</b>	<b>4,3</b>	<b>4,6</b>	<b>5,0</b>	<b>5,3</b>
В т.ч. от сжигания:								
-газа	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,8	0,9	0,9
-нефти	1,8	1,8	1,8	1,8	1,9	2,0	2,2	2,4
-угля	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,8	0,9	0,9
<b>Суммарные выбросы</b>	<b>2014</b>	<b>2025</b>	<b>2045</b>	<b>2072</b>	<b>2109</b>	<b>2315</b>	<b>2505</b>	<b>2633</b>
В т.ч. от сжигания:								
-газа	1167	1174	1192	1199	1230	1334	1405	1442
-нефти	308	310	309	317	322	341	389	411
-угля	539	542	544	556	557	640	711	781

*Источник: Обновляющиеся материалы к Энергетической стратегии России на период до 2030 года.*

Учтем затраты на добычу и доставку топлива на электростанцию (7% от энергоемкости), интегральные потери в электросетях (около 10%) и КПД процесса зарядки автомобильного аккумулятора (85%). Получим итоговое количество произведенного  $\text{CO}_2$ , связанное с пробегом электромобиля 100 км:

$$12,49 \cdot 1,07 \cdot 1,1 / 0,85 = 17,3 \text{ кг.}$$

Таким образом, в современных российских условиях замена традиционного автомобиля с ДВС на электромобиль приводит в конечном итоге к сокращению уровня выбросов парниковых газов. Учитывая тот факт, что в настоящее время тепловые электростанции в России имеют достаточно низкий КПД, в дальнейшем можно ожидать сокращения выбросов  $\text{CO}_2$ , связанных с пробегом электромобиля. Так, современная парогазовая электростанция имеет удельный расход топлива на уровне 220 г у.т./кВт·ч, то есть в 1,6 раза меньше, чем средний расход топлива в российской тепловой электроэнергетике. Согласно прогнозам Энергетической стратегии, за счет строительства современных электростанций и постепенного вывода из эксплуатации устаревших энергоблоков, к 2020 г. ожидается сокращение удельного расхода топлива на 13% по сравнению с уровнем 2010 г., а к 2030 г. – на 22% по сравнению с уровнем 2010 года. Соответствующие оценки выбросов  $\text{CO}_2$ , сопутствующих пробегу электромобиля 100 км, составят 15,1 кг в 2020 г. и 13,5 кг в 2030 году.

В соответствии с динамикой удельного расхода топлива на производство электроэнергии, и произвольно задав долю электротранспорта в общем парке легковых автомобилей в России, можно оценить потенциальное сокращение объема выбросов парниковых газов (табл. 12).

Результаты оценки показывают относительно небольшой потенциал сокращения выбросов парниковых газов. Так, при условии доли электромобилей в автопарке к 2030 г. равной 17%, потенциал снижения выбросов парниковых газов составляет 12,3 млн тонн, то есть около 0,47% от общего прогнозного объема выбросов парниковых газов в России к 2030 году. Однако автомобильный парк, помимо парниковых газов, является также источником выбросов других вредных веществ, содержащихся в выхлопных газах автомобиля, поэтому задача постепенного перехода на автотранспорт с «нулевым выбросом» является весьма актуальной, а попутное сокращение объема выбросов парниковых газов является лишь дополнительным аргументом в пользу такого транспорта.



**Таблица 12. Оценка возможного сокращения выбросов парниковых газов за счет перехода на использование электромобилей**

<b>Показатель</b>	<b>2020 г.</b>	<b>2025 г.</b>	<b>2030 г.</b>
Расход условного топлива на производство 1 кВт·ч электроэнергии <sup>1</sup> , г	292	274	262
Выброс парниковых газов для электромобиля <sup>2</sup> , кг на 100 км	15,1	14,2	13,5
Выброс парниковых газов для автомобиля на ДВС <sup>2</sup> , кг на 100 км	22,8	22,3	21,7
Годовая разница в выбросах при пробеге 15000 км в год <sup>2</sup> , кг	1 160	1 220	1 230
Численность автопарка <sup>2</sup> , млн штук	52,2	55,2	58,6
Доля электромобилей <sup>2</sup> , %	0,3	2,7	17,0
Парк электромобилей <sup>2</sup> , тыс. шт.	150	1 500	10 000
Сокращение выбросов <sup>2</sup> , тонн в год	182 000	1 822 000	12 300 000

*Источники: <sup>1</sup> Энергетическая стратегия России на период до 2030 года; <sup>2</sup> Оценки ИЭС.*

### 3. Перспективы развития аккумуляторов как главный драйвер рынка электротранспорта

#### 3.1. Снижение стоимости аккумуляторных батарей

Аккумуляторная батарея является ключевой частью электро-мобиля, отвечая за такие важные характеристики, как запас хода, скорость «заправки» и общая масса. Одновременно с этим, батарея составляет существенную долю стоимости электромобилей, предопределяя уровень спроса и скорость их распространения.

В настоящее время удельная стоимость батареи для электро-мобиля оценивается примерно в 500 долл. за 1 кВт·ч, в то время как в 2009 г. эта величина составляла 1000-1200 долл. за 1 кВт·ч [19]. Подобное снижение объясняет тремя составляющими: ростом объемов производства, оптимизацией производственного процесса и сокращением издержек, а также развитием конкуренции среди поставщиков основных компонентов для аккумуляторных батарей.

Согласно данным Министерства энергетики США [20], за последние 5 лет в рамках исполнения Закона «О восстановлении и реинвестировании американской экономики» (American Recovery and Reinvestment Act of 2009), за счет государственной поддержки в США была создана крупная индустрия по производству аккумуляторных батарей для электромобилей (рис. 4).



Источник: US Department of Energy.

Рис. 4. Динамика производственных мощностей США по выпуску аккумуляторных батарей для электромобилей

Учитывая приведенные выше оценки, можно примерно оценить, что на долю аккумуляторной батареи в цене электромобиля еще четыре года назад приходилось около 15-20 тыс. долл. – то есть сумма, значительно превышающая разницу в цене между обычным бензиновым автомобилем и электромобилем.

По прогнозу исследовательского центра Navigant Research [21], в 2015 г. ожидается снижение удельной стоимости литий-ионных аккумуляторных батарей до уровня 300 долл. за 1 кВт·ч, а к 2020 г. – до уровня 180 долл. за 1 кВт·ч. Рассматривая эффект от подобного снижения цены, на примере электромобиля Nissan Leaf, обладающего батареей емкостью 24 кВт·ч, можно рассчитать возможное снижение его цены.

Исходя из предположения, что контракты на поставку батарей для проданных в 2013 г. Nissan Leaf были заключены не позже 2011-2012 гг., будем считать, что удельная стоимость батареи в уже проданных электромобилях составляла около 700 долл. за 1 кВт·ч. В таком случае, при снижении цены на батареи к 2020 г. до прогнозного уровня 180 долл. за 1 кВт·ч, стоимость батареи, а, следовательно, и электромобиля в целом может быть снижена на 12,5 тыс. долларов.

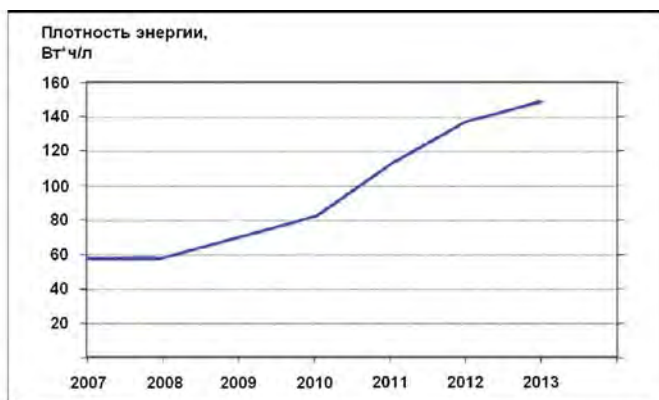
Нынешняя стоимость Nissan Leaf на рынке США составляет 35,4 тыс. долл., а с учетом государственной субсидии в размере 7,5 тыс. долл. этот электромобиль обходится потребителям в 28 тыс. долларов. Таким образом, ожидаемое снижение цен на аккумуляторную батарею создает потенциал для снижения потребительской цены Nissan Leaf до уровня 15,5 тыс. долл., то есть теоретически позволяет сделать его более дешевым, чем обыкновенный бензиновый автомобиль сопоставимого класса.

Реальная динамика цен на электромобили, даже при резком удешевлении аккумуляторных батарей, будет определяться и производственными возможностями компаний-изготовителей электромобилей, и государственной политикой по субсидированию приобретения экологически чистых автомобилей, и маркетинговой стратегией. Однако в случае, если приведенный прогноз по уровню цены на аккумуляторные батареи окажется близким к реальности, то ценовой барьер, препятствующий в настоящее время возникновению массового спроса на электромобили, может быть практически ликвидирован.

### 3.2. Увеличение удельной емкости

В отношении удельных энергетических показателей аккумуляторных батарей, определяющих запас хода и динамику разгона за последние несколько лет, произошел значительный прогресс [22]. Так, например, значение средней объемной плотности энергии, запасаемой в аккумуляторной батарее подключаемых гибридов, выросло с 60 Вт·ч/л в 2007 г. до 150 Вт·ч/л в 2013 году (рис. 5). Это увеличение облегчило задачу установки батареи без ущерба для размещения прочих узлов автомобиля и без сокращения пространства внутри салона. В результате выросло количество производителей и количество доступных на рынке марок подключаемых гибридов, и, как следствие, – к росту общего объема продаж.

В рамках программы Министерства энергетики США «EV Everywhere» поставлена основная цель – достичь такого уровня развития технологий в области электропривода и хранения энергии, который позволит к 2022 г. производить электромобили, ни в чем не уступающие современным автомобилям с двигателем внутреннего сгорания – то есть, имеющие аналогичные показатели по запасу хода, динамике разгона, времени заряда, внутреннему объему салона и багажного отделения, и, разумеется, по цене приобретения.



Источник: US Department of Energy.

**Рис. 5. Изменение средней объемной плотности энергии в аккумуляторных батареях для электромобилей**

Для этого, в частности, требуется повысить характеристики аккумуляторных батарей до следующих значений:

- стоимость – 125 долл./кВт·ч;
- объемная плотность энергии – 400 Вт·ч/л;
- массовая плотность энергии – 250 Вт·ч/кг;
- удельная мощность – 2000 Вт/кг.

#### **4. Анализ сырьевой обеспеченности для будущего широкомасштабного внедрения электротранспорта с автономным ходом**

Обсуждение перспектив развития электротранспорта с автономным ходом часто затрагивает вопрос о сырьевой обеспеченности этого направления развития, и в первую очередь – достаточность запасов лития для производства требуемого количества аккумуляторных батарей. Оценить вероятность возникновения нехватки лития можно путем несложного расчета.

Согласно информации одной из компаний-производителей литий-ионных батарей [23], массовая доля лития в аккумуляторе, в пересчете на карбонат лития  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ , составляет 16%. Относительная атомная масса лития равна 7, в то время как относительная молекулярная масса карбоната лития – 74. Следовательно, массовая доля лития в карбонате лития составляет  $7 \cdot 2 / 74 = 0,189$ , а массовая доля лития в общей массе аккумулятора  $0,189 \cdot 0,16 = 0,03$ , или 3%.

Плотность энергии в современных литий-ионных батареях составляет около 120 Вт·ч/кг. Электромобиль Tesla S, обладающий запасом хода порядка 400 км, имеет батарею емкостью 65 кВт·ч, то есть аккумуляторная батарея его имеет вес порядка  $65 / 0,12 = 540$  кг. На долю лития в батарее такой массы придется  $540 \cdot 0,03 = 16,2$  кг лития.

Согласно данным U.S. Geological Survey [24], разрабатываемые на сегодняшний день месторождения содержат около 13 млн тонн лития. Эти месторождения находятся в восьми странах (табл.13).

**Таблица 13. Мировая добыча и запасы лития, тонн**

Страна	Добыча		Запасы
	2012 г.	2013 г.	
США	н/д	н/д	38 000
Аргентина	2 700	3 000	850 000
Австралия	12 800	13 000	1 000 000
Бразилия	150	150	46 000
Чили	13 200	13 500	7 500 000
Китай	4 500	4 000	3 500 000
Португалия	560	570	60 000
Зимбабве	1 060	1 100	23 000
<b>Итого</b>	<b>35 000</b>	<b>35 000</b>	<b>13 000 000</b>

В настоящее время на производство аккумуляторов и батарей расходуется около 30% от добываемого лития, однако по мере роста производства электромобилей эта доля, очевидно, будет расти. Тем не менее, даже если исходить из предположения о сохранении этой доли, запасов лития в уже действующих месторождениях будет достаточно для производства  $13 \cdot 10^9 \cdot 0,3 / 16,2 = 240$  млн электромобилей с батареей емкостью 65 кВт·ч, что сопоставимо с текущей численностью мирового автомобильного парка (около 700 млн автомобилей).

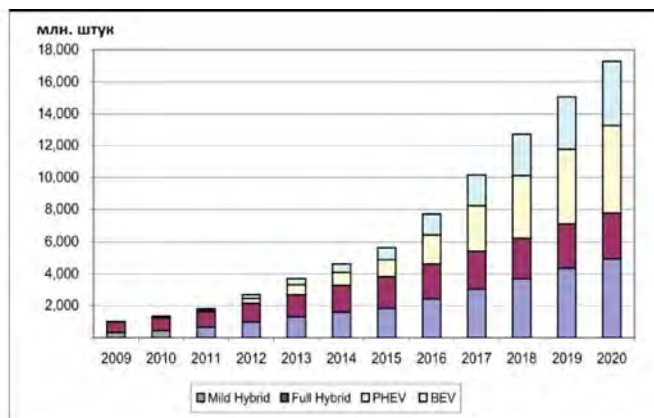
Приведенная выше оценка является заниженной по ряду причин. Она не учитывает наличие уже разведанных, но в настоящее время не разрабатываемых месторождений лития, имеющих, согласно данным U.S. Geological Survey, запасы на уровне 34 млн тонн. Эта оценка также не учитывает тот факт, что плотность энергии в литий-ионных батареях постепенно растет, то есть в будущем на производство батареи заданной энергоемкости потребуется меньшее количество лития, чем в настоящее время.

Таким образом, учитывая нынешний объем производства электромобилей, вопрос о сырьевой недостаточности для производства электромобилей в обозримой перспективе не будет актуален.

## 5. Прогнозы рынка автомобилей на перспективу до 2020 года

Прогнозы динамики продаж и структуры рынка электромобилей претерпели за последние годы значительные изменения, поскольку развитие рынка электромобилей в 2010-2014 гг. качественно не совпало с прогнозами конца 2000-х годов.

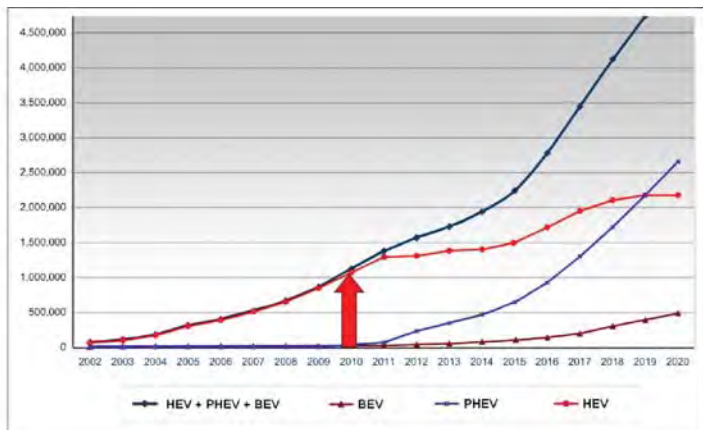
Так, в 2009 г. аналитики Deutsche Bank прогнозировали [25], что на протяжении 2010-2020 гг. численность парка подключаемых гибридов будет на 25-40% выше, чем объем продаж чистых электромобилей (рис. 6). При этом к концу 2013 г. численность парка электромобилей ожидалась на уровне 1 млн штук в год при численности парка гибридных автомобилей (не относящихся к электромобилям в рамках данной работы) на уровне 2,6 млн штук в год. В действительности численность парка электромобилей к концу 2013 г. составила около 400 тыс. единиц. При этом, однако, доля чистых электромобилей оказалась хоть и незначительно, но выше, чем доля подключаемых гибридов.



**Рис. 6. Прогноз Deutsche Bank по численности и структуре парка электромобилей и гибридов**

Прогноз компании TRU Group от 2011 г. [26] также отдавал предпочтение подключаемым гибридам, ожидая в 2013 г. объем продаж подключаемых гибридов на уровне 370 тыс. штук, а чистых электромобилей – на уровне 50 тыс. единиц (рис. 7). Как показано

см. в табл. 6, фактические продажи гибридов оказались в четыре раза ниже, а чистых электромобилей – в два раза выше прогноза.



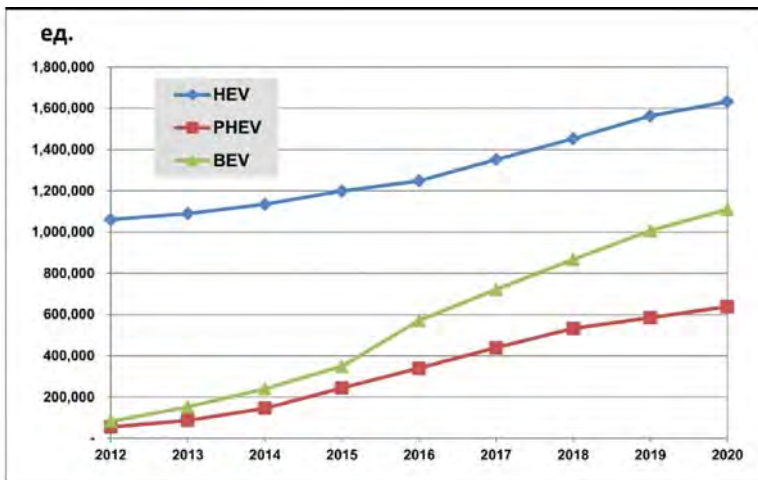
**Рис. 7. Прогноз TRU Group по объему продаж электромобилей и гибридных автомобилей на период до 2020 года**

Опираясь на реальную динамику продаж последних лет, аналитики из различных организаций в своих недавних прогнозах скорректировали общий объем продаж электромобилей в сторону более низких значений, отдавая при этом предпочтение чистым электромобилям, а не подключаемым гибридам.

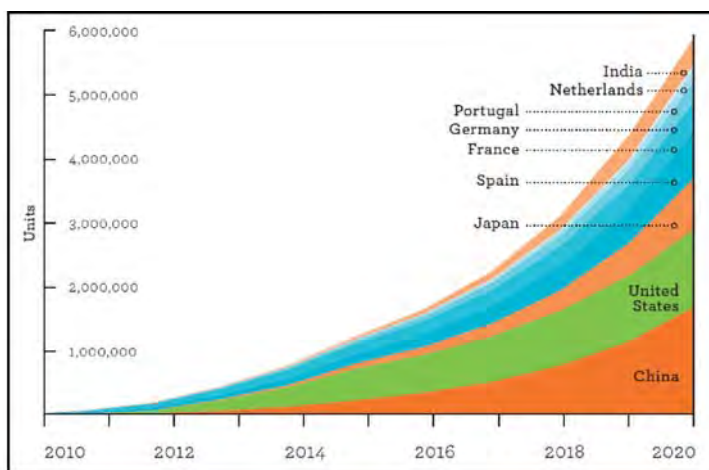
Так, прогноз Pike Research от 2012 г. [27] демонстрирует постепенное увеличение доли продаж чистых электромобилей в общем объеме продаж электротранспорта от 50% в 2012 г. до 66% в 2020 г. (рис. 8). Суммарный объем продаж электромобилей в 2020 г. ожидается на уровне 1,7 млн штук, что почти вдвое ниже прогноза от TRU Group (3,2 млн штук).

В рамках международной инициативы Electric Vehicles Initiative, объединяющей усилия 15 стран по ускорению широкомасштабного внедрения электромобилей, в 2013 г. был составлен консенсус-прогноз (рис. 9) по объему продаж электромобилей и гибридов на период до 2020 г. [28]. Прогноз не разделяет электромобили и гибриды, однако учитывая достаточно консервативные темпы роста продаж гибридов последние 5 лет, можно ориентировочно разделить цифры прогноза на электромобили и на гибриды.





*Рис. 8. Прогноз Pike Research по структуре и объему продаж электромобилей и гибридов*



*Рис. 9. Прогноз участников Electric Vehicles Initiative по суммарному объему продаж электромобилей и гибридов*

Так, предположив объем продаж гибридов в 2020 г. на уровне 1,9 млн штук (среднее значение между оценками TRU Group и Pike Research), получим оценку объема продаж электромобилей в 2020 г. на уровне 4 млн штук. Это в два раза выше, чем оценки Pike Research, причем это отличие прогнозов формируется в период 2017-2020 гг., где участники Electric Vehicles Initiative прогнозируют существенное ежегодное ускорение роста продаж. В этот же период Pike Research прогнозирует практически линейный рост объема рынка, что и обуславливает более консервативный результат к 2020 году.

## Заключение

Электротранспорт по совокупности технико-экономических показателей уже сейчас демонстрирует более высокую эффективность по сравнению с машинами на двигателе внутреннего сгорания. В настоящее время это касается только промышленного транспорта – локомотивной тяги, а также складской техники на аккумуляторных батареях. В указанных случаях проблема запаса хода на батарее практически отсутствует, поскольку электровозы вообще не имеют автономного хода, а складская техника не отъезжает далеко от зарядных устройств, и в любой момент при необходимости может быть поставлена на зарядку.

В области потребительского транспорта – легковых автомобилей – одной из ключевых проблем является запас автономного хода, что вынуждает производителей наращивать емкость аккумуляторной батареи. При нынешних ценах на аккумуляторные батареи это приводит к значительной диспропорции между стоимостью автомобиля, с одной стороны, и его техническими показателями и уровнем комфорта – с другой. В результате автомобили пока по-прежнему остаются нишевым продуктом. На большинстве ведущих рынков доля автомобилей в общем объеме продаж автомобилей не превышает 1%.

Тем не менее, объем продаж автомобилей нарастает с ускорением. Это является следствием некоторого снижения стоимости аккумуляторных батарей, что позволяет производителям предлагать потребителю инновационный продукт по более приемлемой цене, а также следствием расширения модельного ряда чистых автомобилей и подключаемых гибридов. В результате всё более широкий круг потребителей находит для себя именно тот автомобиль, который он готов купить уже сейчас.

За последние годы в гонку мировой электрификации на государственном уровне включились США, что уже привело к существенным подвижкам в отношении стоимости аккумуляторных батарей. Более того, реализация ряда инвестиционных проектов должна привести не только к дальнейшему снижению стоимости, но и к росту показателей плотности энергии и скорости зарядки батарей.

Все это дает основания считать, что нынешние прогнозы по росту парка автомобилей вполне могут состояться, но с неко-

торой задержкой, поскольку из опыта последних лет следует, что в этих прогнозах заложен избыточный оптимизм.

Однако принимая нынешние прогнозы за отправную точку, можно оценить суммарную емкость аккумуляторных батарей общего парка электромобилей в 2020 г., который должен составить примерно 4 млн штук. Расчет дает величину на уровне 125 млн кВт·ч. Для сравнения, емкость верхнего бассейна Загорской ГАЭС позволяет выработать около 5 млн кВт·ч электроэнергии – то есть в 25 раз меньше.

Иными словами, уже в третьем десятилетии XXI века можно ожидать формирования принципиально нового явления – мобильной энергетики, причем мобильной не столько в пространстве, сколько во времени. Человечество может получить долгожданный инструмент накопления и хранения электроэнергии. По аналогии с тем переворотом в бытовой и деловой жизни, который совершило появление мобильной связи, появление мобильной энергетики может привести к таким переменам, которые в настоящее время практически невозможно предугадать.

Рассуждая теоретически, если уже разрабатываемые ныне месторождения лития будут в значительной степени потрачены на производство литий-ионных батарей, то добыча 13 млн тонн лития будет эквивалентна производству аккумуляторных батарей суммарной энергоемкостью 15,6 млрд кВт·ч. По состоянию на 2009 г. мировая суточная выработка электроэнергии составила 54 млрд кВт·ч. Это сопоставимые цифры. А ведь помимо уже разрабатываемых месторождений существуют разведанные запасы в размере 34 млн тонн. Таким образом, потенциал мобильной энергетики огромен, и вполне можно ожидать, что широкое развитие электротранспорта позволит в будущем помочь в решении проблемы наращивания возобновляемых источников энергии в общем энергобалансе. Синергия электротранспорта и возобновляемых источников позволит кардинально снизить уровень антропогенного воздействия на природную среду со стороны транспортного сектора.

## Литература:

1. Светлана Батова. Троллейбусы смогут объезжать заторы. // Российская газета. 2013. URL: <http://www.rg.ru/2013/02/14/trolleibusi-site.html>

2. Маневровый тепловоз ТЭМ9Н Sinara Hybrid с гибридной силовой установкой. // Официальный сайт ОАО «Синара–Транспортные Машины». URL:

[http://sinara-group.com/about/structure/stm/LTZ/Production\\_LTZ/ТЕМ9Н/](http://sinara-group.com/about/structure/stm/LTZ/Production_LTZ/ТЕМ9Н/)

3. В Екатеринбурге представлен низковольтный трамвай. Коммерсант-Екатеринбург, 20.12.2013. URL: <http://www.kommersant.ru/doc/2374279>

4. Graham-Rowe, Duncan. "Denmark to power electric cars by wind in vehicle-to-grid experiment". London: The Guardian. 2009. URL:

<http://www.theguardian.com/environment/2009/jun/19/denmark-wind-electric-cars>

5. «Транспорт и связь в России. Статистический сборник». Федеральная служба государственной статистики, 2014. URL: [http://www.gks.ru/free\\_doc/doc\\_2014/transp-sv14.rar](http://www.gks.ru/free_doc/doc_2014/transp-sv14.rar)

6. «Энергетическая стратегия холдинга «Российские железные дороги» на период до 2015 года и на перспективу до 2030 года». 2011. URL: [http://www.rzdexpo.ru/doc/Energ\\_Strategy\\_new.pdf](http://www.rzdexpo.ru/doc/Energ_Strategy_new.pdf)

7. «Энергетическая стратегия России на период до 2030 года». 2009. URL:

<http://minenergo.gov.ru/aboutminen/energostrategy/Strategiya/Energostrategiya-2030.doc>

8. Jose Pontes. «World Full Year 2012». 2013. URL:

<http://ev-sales.blogspot.ru/2013/02/world-full-year-2012.html>

9. Jose Pontes. «World Top 20 December 2013 (Special Edition)». 2014. URL:

<http://ev-sales.blogspot.ru/2014/01/world-top-20-december-2013-special.html>

10. Jose Pontes. «World Top 10 April 2014». 2014. URL:

<http://ev-sales.blogspot.ru/2014/06/world-top-10-april-2014.html>

11. Jose Pontes. «World All Time Top 10 (Updated to 30 April 2014)». 2014. URL:

<http://ev-sales.blogspot.ru/2014/06/world-all-time-top-10-updated-to-30.html>

12. Jose Pontes. «World Top 20 December 2014 (Special Edition)». 2015. URL:

<http://ev-sales.blogspot.ru/2015/01/world-top-20-december-2014-special.html>

13. Jeff Cobb "Top 6 Plug-In Vehicle Adopting Countries". HybridCars.com. Retrieved 2014-01-18. URL: <http://www.hybridcars.com/top-6-plug-in-car-adopting-countries/>

14. Electric drive transport association. «Electric Drive Sales Dashboard». URL:

<http://electricdrive.org/index.php?ht=d/sp/i/20952/pid/20952>

15. Abraham, C., Dittmar, H., Graham-Rowe, E., Gardner, B., Skippon, S., Hutchins, R. & Stan-nard, J. (2012). Mainstream consumers driving plug-in battery-electric and plug-in hybrid electric cars: A qualitative analysis of responses and evaluations. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 46(1), 140-153.

16. «Car and motorcycle taxes». Веб-сайт Правительства Нидерландов. 2015. URL:

<http://www.government.nl/issues/car-and-motorcycle-taxes>

17. Motavalli, Jim. "China to Start Pilot Program, Providing Subsidies for Electric Cars and Hybrids". New York Times. Retrieved 2010-06-02. URL:

<http://wheels.blogs.nytimes.com/2010/06/02/china-to-start-pilot-program-providing-subsidies-for-electric-cars-and-hybrids/>

18. "Boost for electric and hybrid cars with Rs 1.5 Lakh subsidy". The Indian Express. 18 April 2014. Retrieved 2015-01-14. URL:

<http://indianexpress.com/article/business/companies/boost-for-electric-and-hybrid-cars-with-rs-1-5-lakh-subsidy/99/>

19. Hiromi Sato. "Big Subsidies for Foreign Electric Cars in Japan". Nikkei Business. September 16, 2014. URL: <http://business.nikkeibp.co.jp/article/eng/20140916/271299/>

20. "Overview of Purchase and Tax Incentives for Electric Vehicles in the EU". European Automobile Manufacturers Association. 2011-03-14. Retrieved 2011-07-31. URL:

[http://www.acea.be/uploads/publications/Electric\\_vehicles\\_overview\\_\\_2014.pdf](http://www.acea.be/uploads/publications/Electric_vehicles_overview__2014.pdf)

21. Ministry of Transportation of Ontario (2013-05-04). "Ontario - Electric Vehicle Program Incentive". Ministry of Transportation. Retrieved 2013-07-07. URL:

<http://www.mto.gov.on.ca/english/dandv/vehicle/electric/ev-vehicle-list.shtml>

22. "Notice 2009-89: New Qualified Plug-in Electric Drive Motor Vehicle Credit". Internal Revenue Service. 2009-11-30. Retrieved 2010-04-01. URL:

[http://www.irs.gov/irb/2009-48\\_IRB/ar09.html](http://www.irs.gov/irb/2009-48_IRB/ar09.html)

23. Bilalget Statistikk. Opplysningsraedet for Veitrafikken AS. Retrieved 2015-04-13. URL:

<http://www.ofvas.no/statistikk/>

24. Nissan Motor Co., Ltd. «Much more than a 'second car': families get charged up about all-electric Nissan LEAF». 2015. URL:

<http://newsroom.nissan-europe.com/EU/en-gb/Media/Media.aspx?mediaid=130792>

25. John Rosevear. «Chevy Bolt: First Pure Electric Car With Good Range, Price». 2015. URL:

<http://www.dailyfinance.com/2015/02/12/chevy-bolt-good-range-price/>

26. Jerry Hirsch, Charles Fleming. «Ramping up production of affordable Tesla may take years, Elon Musk says». 2015. URL:

<http://www.latimes.com/business/autos/la-fi-hy-affordable-tesla-may-take-years-story.html>

27. Sam Jaffe. «The Lithium Ion Inflection Point». 2013. URL:

<http://www.batterypoweronline.com/main/articles/the-lithium-ion-inflection-point/>

28. Christopher Johnson. «Grant Progress Review». US Department of Energy 2012 Merit Review. May 15th, 2012. URL:

[http://energy.gov/sites/prod/files/2014/03/f9/es098\\_johnson\\_2012\\_o.pdf](http://energy.gov/sites/prod/files/2014/03/f9/es098_johnson_2012_o.pdf)

29. Navigant Research. «Emerging Battery Technologies». 2013. URL:

<http://www.navigantresearch.com/research/emerging-battery-technologies>

30. «EV Everywhere grand challenge. Road to success». US DOE, 2014. URL:

[http://energy.gov/sites/prod/files/2014/02/f8/everywhere\\_road\\_to\\_success.pdf](http://energy.gov/sites/prod/files/2014/02/f8/everywhere_road_to_success.pdf)

31. Operator's Manual. Winston Battery, 2014. URL:

<http://en.winston-battery.com/index.php/products/download-center/category/oper>

32. U.S. Geological Survey. «Mineral Commodity Summaries», 2014.

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/lithium/mcs-2014-lithi.pdf>

33. Deutsche Bank. « Electric Cars: Plugged In 2», 2009. URL:

<http://www.libralato.co.uk/docs/Electric%20Cars%20Plugged%20In%20%20Deutsche%20Bank%202009.pdf>

34. TRU Group. «Shocking Future Battering the Lithium Industry through 2020». 2011. URL:

<http://trugroup.com/whitepapers/TRU-Lithium-Outlook-2020.pdf>

35. Pike Research. «Plug-in Electric Vehicles». 2012. URL:

<http://www.navigantresearch.com/wp-content/uploads/2012/06/PEV-12-Executive-Summary.pdf>

36. Global EV Outlook. IEA. 2013. URL:

[http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/GlobalEVOutlook\\_2013.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/GlobalEVOutlook_2013.pdf)



НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

Тиматков Василий Вячеславович

**ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТ  
КАК ЧАСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО МИРА.  
ФАКТЫ И ПРОГНОЗЫ**  
(под ред. В.В. Бушуева)

Ответственный редактор *Я. Каминская*  
Компьютерная верстка *К. Горошкин*

Подписано в печать  
Формат 60x84/16. Бумага офсетная.  
Печать офсетная. Печ. л. 3,0.  
Тираж. 200  
Заказ № 1515

Издательский дом «Энергия»  
г. Москва, 1-й Саратовский проезд, д. 4, под. 6  
Тел. 8(499)173-47-54; 8(499) 707-3013  
Интернет-магазин: [www.energypublish.ru](http://www.energypublish.ru)

Отпечатано в ООО «ИД «ЭНЕРГИЯ»