

Прогноз глобального развития электротранспорта и инфраструктуры электрических заправочных станций

Д.И. Демидов, зам. начальника, филиал ПАО «МРСК Волги» – «Оренбургэнерго»; В.В. Пугачёв, ст. преподаватель, ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ

С развитием мира и технологий меняются и потребности человечества. Если еще в середине XX в. для большинства людей успехом считалось иметь

работу, семью, жильё и автомобиль (в основном базовые потребности согласно пирамиде потребностей А. Маслоу), то сейчас на первый план выходят здоровье, долголетие, комфортная среда проживания, возможность развития и самореализации.

Одним из важнейших факторов, влияющих на здоровье, долголетие и на комфортность среды

проживания является экология. Особенный ущерб окружающей среде и здоровью людей наносят выбросы вредных веществ от автотранспорта в крупных городах и на автомагистралях. Так, например, в Москве этот показатель достигает 92% от общего объёма выбросов. Исследования по определению влияния качества атмосферного воздуха на здоровье граждан показали, что около 6% смертности городского населения России обусловлено загрязнением воздуха. Оценка смертности от загрязнения автотранспортом в крупных городах составляет не менее 40000 случаев в год [1].

Несмотря на значительный вклад в ухудшение экологии планеты, количество транспортных средств (далее т/с) в России и в мире неуклонно растёт. Так, рост мирового автопарка (легковых т/с, грузовых т/с, двух- и трёхколесных т/с) может составить от 1,7 млрд ед. в 2015 г. до 2,8 млрд ед. в 2030 г. [2] (рис. 1). При этом наблюдаются значительные темпы роста мировых продаж электромобилей и подзаряжаемых гибридов. К примеру, автомобилей данной категории в 2018 г. было продано в мире около 2 млн шт. (из них электромобилей – около 1 млн шт.) [3], при этом традиционных автомобилей по миру было продано более 91 млн шт. Объёмы мировых продаж электромобилей и подзаряжаемых гибридов в 2014–2018 годах представлены в таблице 1 [4].

Сокращение мировых запасов традиционных углеводородов также является весомым фактором развития электротранспорта в мире. Мировое потребление первичной энергии на транспорте составляет более 2,2 млрд т н.э., или около 25% от общего потребления. 95% энергопотребления транспортом обеспечивается за счёт нефтепродуктов, 48% топлива потребляется легковыми автомобилями, 17% – тяжёлыми грузовыми, 13% – воздушным транспортом, 9% – лёгкими коммерческими автомобилями [5]. В случае прогнозируемого роста автопарка (рис. 1) и сохранения соответствующей доли нефтепродуктов в

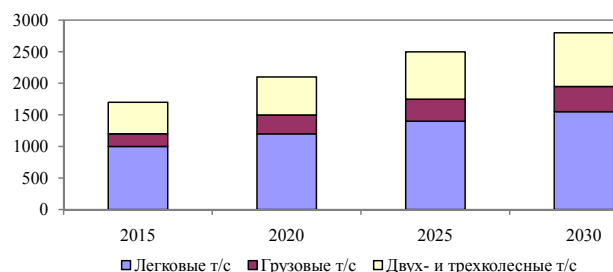


Рис. 1 – Прогноз мирового автопарка, млн ед.

1. Объёмы мировых продаж электромобилей и подзаряжаемых гибридов в 2014–2018 гг.

Показатель	Год				
	2014	2015	2016	2017	2018
Количество проданных электромобилей и подзаряжаемых гибридов, шт.	320713	550297	777497	1227117	2018247

энергопотреблении транспорта к 2030 г. может образоваться физическая нехватка добычи нефти в размере 5–8% потребления [5]. Несмотря на то, что к 2030 г. за счёт развития технологий предполагается снижение расхода топлива автомобилями с двигателями внутреннего сгорания (ДВС) на 27% по сравнению с 2015 г. [2], очевидно, что в среднесрочном периоде необходимо искать и внедрять в производство новые технологические принципы для привода автотранспорта. Так, Норвегия и Голландия планируют полностью перейти на электромобили после 2025 г.; Германия предлагает ввести запрет на продажу автомобилей с двигателем внутреннего сгорания с 2030 г.; правительство Индии также рассматривает возможность запрета продаж автомобилей с двигателями внутреннего сгорания в 2030 г. [2].

Еще одним фактором, влияющим на развитие электротранспорта в мире, является снижение стоимости батарей. Уже сейчас ведущие производители электромобилей говорят о достигнутом уровне себестоимости батареи в 200 долл/кВт·ч, и высока вероятность дальнейшего снижения себестоимости.

Запланированный годовой мировой выпуск аккумуляторных батарей в 2019 г. должен составить 289 ГВт·ч. И более 70% этой ёмкости будет произведено в Китае [5]. При сохранении тех же темпов роста производства аккумуляторных батарей к 2023 г. их будет достаточно (более 1000 ГВт·ч) для производства 21 млн электромобилей в год, что сейчас составляет около четверти всего рынка легковых автомобилей. Здесь, правда, следует понимать, что часть производимых батарей пойдёт для стационарных хранилищ электроэнергии и др. оборудования.

Что касается плотности батарей, то на заводе Tesla произведённые батареи хранят 250 Вт·ч/кг (в ближайшее время планируют добиться 330 Вт·ч/кг), при этом уже некоторыми стартапами заявлены достижения литийионными аккумуляторами плотности энергии в 1000 Вт·ч/кг [6].

Помимо этого, во многих государствах действуют программы по повышению экологичности автомобилей. В таблице 2 [7] приведены меры, применяемые в странах с наиболее развитым рынком электромобилей.

Ещё одним фактором, влияющим на развитие электротранспорта в мире, являются общемировые тенденции к распределённой электроэнергетике. Электромобили рассматриваются в качестве одного из видов распределённых энергоресурсов, поскольку

ку играют роль не только потребителей энергии, но и распределённых накопителей (технология vehicle-to-grid), когда водитель электромобиля может вернуть излишки энергии в сеть и получить за это деньги. Они обеспечивают возможности по резервированию и управлению спросом. Также они могут сгладить дневные и ночные максимумы и минимумы энергосистемы, например, при массовой ночной зарядке.

Следует отметить, что не всё так однозначно, что касается экологичности производства и эксплуатации электротранспорта. В докладе, подготовленном по заказу LowCVP (Low Carbon Vehicle Partnership), подчеркивается растущая важность учёта выбросов углерода в течение всего цикла производства и эксплуатации транспортного средства. Например, типичный семейный автомобиль среднего класса за весь цикл производства и эксплуатации выбросит в окружающую среду углекислого газа 24 т, в то время как электрический автомобиль – 18 т, из которых 46% выделится при производстве и эксплуатации аккумуляторной батареи для данного автомобиля. При производстве автомобиля с двигателем внутреннего сгорания выбросы углекислого газа составляют 5,6 т, около трех четвертей которого приходится на производство металлических частей автомобиля. При производстве электрического автомобиля выбросы углекислого газа составляют 8,8 т, 43% из которых приходится на производство батареи [8].

В современных российских реалиях разница в суммарных выбросах углекислого газа легкового автомобиля с двигателем внутреннего сгорания и аналогичного электромобиля на 100 км пути составляет около 28% [7].

Таким образом, степень экологичности электромобиля в значительной степени зависит от структуры электрогенерации в той или иной стране. Структура производства электроэнергии по видам электростанций в России за 2016 г. представлена на рисунке 2 [9]. Структура генерации электроэнергии в некоторых странах мира (в относительных единицах) в зависимости от источников показана на рисунке 3 [10].

В этой связи помимо ключевых технологий, касающихся производства и эксплуатации электромобилей, необходимо неразрывно развивать технологии, направленные на минимизацию доли углеродных видов электростанций. Исходя из приведённых данных на рисунках 2 и 3, с точки зрения структуры источников электроэнергии (суммарной доли ГЭС, АЭС и ВИЭ в структуре генерации) наиболее эффективные условия по развитию электротранспорта из приведённых стран существуют в Норвегии, Франции и Бразилии.

На аккумуляторные электромобили (BEV) приходится две трети мирового парка электромобилей. Мировой парк легковых электромобилей (BEV + PHEV) достиг 3,1 млн шт. в 2017 г., увеличившись на 57% по сравнению с предыдущим годом (рис. 4). При этом 40% мирового автопарка легковых электромобилей приходится на Китай [7].

Крупнейшим производителем пассажирских электромобилей остаётся компания Tesla, которая в 2018 г. реализовала 245240 таких машин. В тройку лидеров вошли китайские Beijing Electric Vehicle (BJEV) и BYD.

В дополнение к 3,1 млн пассажирских электромобилей в 2017 г. на дорогах было около 250000 электрических лёгких коммерческих транспортных

2. 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	Нидерланды; Норвегия; Португалия; Япония
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

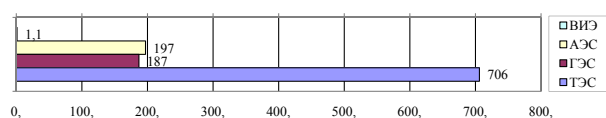


Рис. 2 – Структура производства электроэнергии в России за 2016 г., млрд кВт·ч

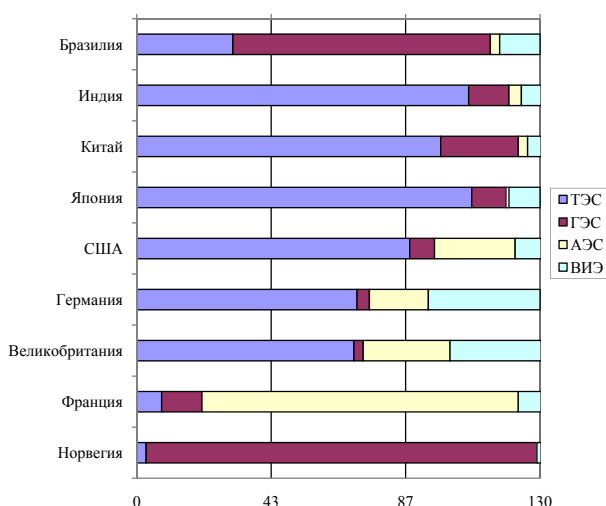


Рис. 3 – Структура производства электроэнергии некоторых стран мира, о.е. (для каждой страны в отдельности без привязки к данным по другим странам)

средств (LCV). Самый большой парк LCV находится в Китае (170000 автомобилей), за которым следует Франция (33000 автомобилей) и Германия (11000 автомобилей) [7].

На конец 2017 г. в России было зарегистрировано менее 1500 электромобилей [11]. Небольшое количество данного типа автомобилей связано со значительной стоимостью, отсутствием госпрограмм по поддержке данного вида транспорта, а также со слаборазвитой инфраструктурой для колёсного электротранспорта в стране (общее количество зарядных станций на конец 2017 г. составляло 130 шт. [11]).

На Китай приходится подавляющее большинство электрических двухколёсных транспортных средств. В 2017 г. число электрических двухколёсных транспортных средств на дорогах в Китае составляло около 250 млн ед. В Китае также насчитывается около 50 млн электрических трёхколёсных транспортных средств.

Данные, представленные странами-членами МЭА, показывают, что на Китай приходится подавляющее большинство мировых продаж аккумуляторных электрических автобусов и микроавтобусов. К концу 2017 г. парк автобусов BEV и PHEV в Китае достиг почти 370000 ед. Эта оценка превышает полмиллиона транспортных средств, если автобусы комбинируются с другими коммерческими электромобилями. В 2017 г. в обращении находилось 2100 электрических автобусов в Европе, Японии и США [7].

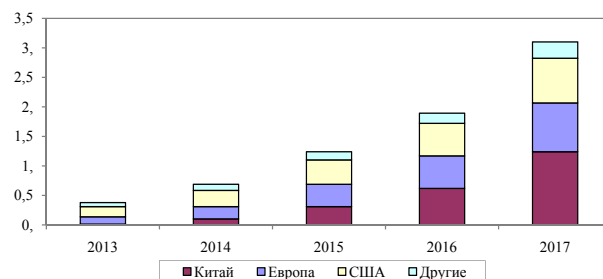


Рис. 4 – Количество пассажирских электромобилей в десятке стран лидеров в 2013–2017 гг., млн шт.

В настоящее время использование электрических грузовиков ограничено небольшими демонстрационными парками и целевыми программами, разработанными компаниями в рамках деятельности по корпоративной социальной ответственности. Начиная с 2017 г., ряд крупных производителей объявили о выпуске моделей электрических грузовиков, таких как Tesla с моделью Semi и Daimler, объявив о серийном производстве с 2021 г., что указывает на растущий интерес в развитии массового производства электрических грузовиков [7].

Также не стоят на месте технологии по переработке отработавших аккумуляторных батарей. Так, компания Fortum, основанная в Финляндии, создала новый процесс, который делает более 80% материалов батареи EV пригодными для вторичной переработки. В частности, она направлена на возвращение никеля, кобальта и других металлов, которые связаны с экологическими или гуманитарными проблемами. Для достижения уровня переработки более 80% Fortum использует гидрометаллургический процесс переработки с низким содержанием CO₂. Если оптимистичные прогнозы по количеству электромобилей на дорогах мира через 10 лет сбудутся, то спрос на никель и марганец увеличится на 800%, а на кобальт для производства новых аккумуляторов – на 150%. Добыча полезных ископаемых для получения этих элементов приведёт к увеличению выбросов парниковых газов в этом секторе на 500%. При использовании переработанных материалов выбросы CO₂ от производства батарей могут быть уменьшены на 90% [12].

Разрыв в уровне автомобилизации между развитыми и развивающимися странами остаётся существенным. Для сравнения, в Китае в 2015 г. на тысячу жителей приходилось 96 легковых автомобилей, тогда как в Европе – 452, а в Северной Америке – 560. Развитые страны уже достигли уровня насыщения спроса на легковые автомобили, и автопарк в этих странах растёт достаточно медленно, а вот перспективы роста парка легковых автомобилей в развивающихся странах весьма значительны (рис. 5) [2].

Как видно по рисунку 1, за период 2016–2030 гг. парк грузовых автомобилей увеличится на 78%.

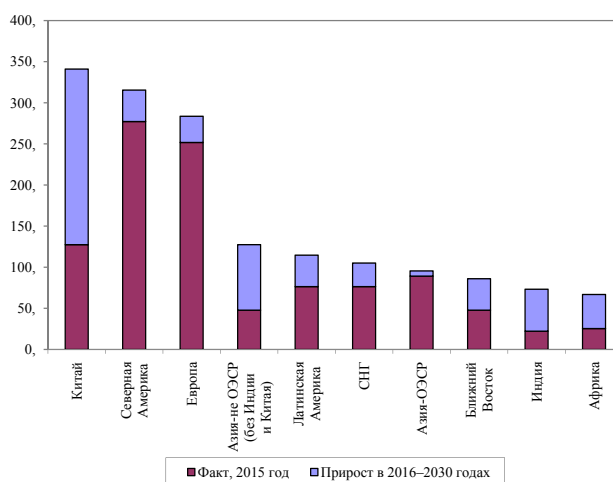


Рис. 5 – Прогноз мирового автопарка легковых автомобилей, млн. ед.

Наибольший рост грузового парка ожидается в Китае и Индии. Количество грузовых автомобилей в Китае увеличится более чем в три раза – с 30 млн ед. в 2015 г. до 99 млн – в 2030 г. К 2030 г. на электромобили будет приходиться около 9% совокупных продаж грузового автотранспорта. К 2030 г. доля традиционных автомобилей с двигателями внутреннего сгорания в легковом автопарке сократится до 85%. Доля в мировых продажах новых легковых электромобилей составит около 20% к 2030 г. Это означает, что к концу рассматриваемого периода на дорогах будет около 90 млн легковых электромобилей (6% от мирового автопарка) [2].

По прогнозам Bloomberg New Energy Finance (BNEF) уже к 2022 г. электромобили станут конкурентоспособными по цене с автомобилями с двигателями внутреннего сгорания (без субсидирования со стороны государств). Для среднего автомобиля стоимость батареи в общей стоимости электромобиля упадет с 57% в 2015 г. до 20% в 2025 г. Стоимость электродвигателей и систем управления силовыми агрегатами упадет на треть в ближайшие несколько лет за счет эффекта масштаба производства [13]. Стоимость аккумуляторов к 2030 г. может упасть до 70\$ за кВт·ч.

Увеличение объемов производства электромобилей приведет к росту цен на литий и его производные. По оценкам Wood Mackenzie, мировое потребление лития к 2030 г. вырастет в три раза. Однако доля лития в себестоимости батареи при текущих ценах оценивается в 2–3%, поэтому рост цен на литий вряд ли окажет существенное влияние на стоимость батарей. Более существенный вклад в стоимость батарей вносят никель и кобальт, чья совокупная доля в структуре стоимости катода составляет более половины. Рост цен на эти металлы может оказать сильное влияние на стоимость батарей [2].

Также большое влияние на стоимость батарей и электротранспорта в целом будет оказывать логистическая близость мест добычи руды, заводов

по её переработке и преобразованию в исходные элементы батарей, а также мест сборки самого электротранспорта.

Что касается инфраструктуры, то к 2030 г. в большинстве развитых и развивающихся стран, по мнению авторов, будут приняты единые стандарты, требования и правила как к самим электромобилям, так и к инфраструктуре для них. Сеть электрозаправочных станций будет достаточно распределена по территориям развитых и развивающихся стран. Практически у каждого собственника электромобиля, проживающего в частном доме, будет своя заправочная станция. А вновь застраиваемые жилые районы с многоэтажными домами будут изначально снабжаться парковочными местами с заправочными станциями для электромобилей. При этом источниками энергии для электрозаправочных станций будут служить не только централизованные электросети, но и мобильные малые электростанции (как часть распределенной генерации), работающие на газовом, водородном топливе или от ВИЭ (особенно на автомагистралях и в труднодоступной местности). Также предполагается, что развитие электротранспорта приведет к его активному использованию и в агропромышленном комплексе.

К 2030 г. будут иметь место технологии, позволяющие практически полностью перерабатывать отработанные аккумуляторные батареи, при этом не загрязняя окружающую среду, улучшена система безопасности электромобилей, уменьшена их масса, увеличен пробег на одной зарядке до 700 км и более.

К 2030 г. в развитых странах с большим количеством автомобилей на душу населения и с долей электромобилей более 10% электротранспорт будет играть роль осязаемого инструмента регулирования суточного режима работы энергосистемы в масштабах страны и выступать в роли действенного распределенного накопителя энергии. Суммарная мощность распределенного накопителя энергии будет составлять десятки ГВт в соответствующей стране.

В случае формирования позитивной макроэкономической конъюнктуры на российском рынке доля электромобилей к 2030 г. в общем объеме продаж может составить 4–5% [11]. А к 2035 г. доля электромобилей в автопарке России может составить около 5%.

Распространение электромобилей в мире приведет к росту потребления электроэнергии. Электромобили увеличат потребление электроэнергии к 2030 г. на 300–1000 ТВт·ч в зависимости от темпов роста продаж. Несмотря на то что часть дополнительного спроса будет обеспечена за счет ввода новых мощностей ВИЭ, потребуются дополнительные генерирующие мощности, использующие ископаемые топлива, такие как газ и уголь [2].

Научно доказано, что сильные электромагнитные поля оказывают негативное воздействие на организм человека. В ходе международных исследований было выяснено, что машинисты электропоездов болеют чаще, чем среднестатистические железнодорожники. Влияние электромагнитного излучения на организм человека при эксплуатации электромобиля до конца не изучено. Потребуется время и проведение исследований для того, чтобы оценить, насколько безопасны электромобили для здоровья человека [2]. И в случае подтверждения негативного влияния на здоровье человека, необходимо будет найти способы защиты здоровья человека.

Литература

1. Стратегическая программа исследований Технологической платформы «Экологически чистый транспорт «Зелёный автомобиль», утверждённая 3-й конференцией участников Технологической платформы «Экологически чистый транспорт «Зелёный автомобиль» протоколом пленарного заседания от 22 апреля 2014 года [Электронный ресурс]. URL: https://nami.ru/uploads/docs/zeleniy_avtomobil_docs/56419ac626367Стратегическая_программа_исследований.pdf (дата обращения: 21.04.2019).
2. Обзор ПАО «Лукойл» «Основные тенденции развития мирового рынка нефти до 2030 года» [Электронный ресурс]. URL: https://www.lukoil.ru/FileSystem/9/1565_98.pdf (дата обращения: 21.04.2019).
3. Tesla Model Best Selling Electric Car in World, 7% of Global EV Market in 2018. [Электронный ресурс]. URL: <https://cleantechnica.com/2019/02/09/tesla-model-3-1-best-selling-electric-car-in-world-7-of-global-ev-market/> (дата обращения: 04.05.2019).
4. Monthly Plug-In EV Sales Scorecard: Historical Charts. [Электронный ресурс]. URL: <https://insideevs.com/news/344007/monthly-plug-in-ev-sales-scorecard-historical-charts/> (дата обращения: 04.05.2019).
5. Тренды и сценарии развития мировой энергетики в первой половине XXI века / А.М. Белогорьев, В.В. Бушуев, А.И. Громов, Н.К. Куричев, А.М. Мастепанов, А.А. Троицкий. Под ред. В.В. Бушуева. М.: ИД «ЭНЕРГИЯ», 2011. С. 68.
6. Swiss Startup Innolith Claims 1000 Wh/kg Battery Breakthrough, 04.04.2019. [Электронный ресурс]. URL: <https://cleantechnica.com/2019/04/04/swiss-startup-innolith-claims-1000-wh-kg-battery-breakthrough/> (дата обращения: 11.05.2019).
7. Тиматков В.В. Электротранспорт как часть электрического мира. Факты и прогнозы / под. ред. В.В. Бушуева. М.: ИД «Энергия», 2015. С. 48.
8. Low CVP study highlights importance of measuring whole life carbon emissions, 14.06.2011. [Электронный ресурс]. URL: https://www.lowcvp.org.uk/news/lowcvp-study-highlights-importance-of-measuring-whole-life-carbon-emissions_1644.htm (дата обращения: 01.05.2019).
9. Российский статистический ежегодник 2017 [Электронный ресурс]. URL: https://www.gks.ru/free_doc/doc_2017/year/year17.pdf (дата обращения: 05.05.2019).
10. How green are electric cars? [Электронный ресурс]. URL: <https://www.theguardian.com/football/ng-interactive/2017/dec/25/how-green-are-electric-cars> (дата обращения: 04.05.2019).
11. Стратегия развития автомобильной промышленности Российской Федерации на период до 2025 года, утверждённая распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 апреля 2018 г. № 831-р.
12. Fortum Process Recycles 80% Of EV Battery Materials, 27.03.2019 [Электронный ресурс]. URL: <https://cleantechnica.com/2019/03/27/fortum-process-recycles-80-of-ev-battery-materials/> (дата обращения: 11.05.2019).
13. BNEF Shocker – Electric Cars Price Competitive In 2022 As Battery Costs Plummet, 17.04.2019. [Электронный ресурс]. URL: <https://cleantechnica.com/2019/04/17/bnef-shocker-electric-cars-price-competitive-in-2022-as-battery-costs-plummet/> (дата обращения: 12.05.2019).