

Научная статья
УДК 339
<https://doi.org/10.24143/2073-5537-2025-2-17-26>
EDN CPWJEX

Эколого-экономические аспекты электрификации автомобильного транспорта

Игорь Анатольевич Агафонов, Оксана Сергеевна Чечина✉

*Самарский государственный технический университет,
Самара, Россия, ChechinaOS@yandex.ru*✉

Аннотация. Современная мировая экономика демонстрирует взаимно разнонаправленные тенденции. С одной стороны, происходит непрерывный рост потребности в энергии, с другой – наиболее развитые страны мира обнаруживают растущее беспокойство по поводу экологических последствий использования традиционных энергетических ресурсов. В интенсивно развивающихся странах азиатского региона показатели объема производства электроэнергии интенсивно повышаются, а в Европе обнаруживают тенденцию к снижению. Рост населения и его мобильности обуславливает потребность в увеличении количества автомобилей. Автомобили рассматриваются как источники большого количества загрязнений для окружающей природной среды, прежде всего для атмосферы. Актуален вопрос о замене автомобилей на более экологически чистые электромобили. Несмотря на значительный рост количества электромобилей в мире, оно остается чрезвычайно малым по сравнению с количеством традиционных автомобилей. Переход на использование электромобилей порождает ряд вопросов социального, экономического и экологического характера: есть ли у человечества и у нашей страны в частности ресурсы для обеспечения электромобилей энергией; даст ли замена автомобилей на электромобили выигрыш для окружающей природной среды, ведь глобально произойдет перенос выработки энергии от двигателей внутреннего сгорания на электростанции, зачастую использующие гораздо более «грязное» топливо, чем двигатели автомобилей; какими будут последствия для экономик стран, ориентированных на использование традиционных топливно-энергетических ресурсов при отказе от инфраструктуры, поддерживающей эксплуатацию традиционных автомобилей. В системе добычи сырья, производства топлив нефтяного происхождения и их распределения задействовано большое количество людей и организаций, необходимо изучить их перспективы при отказе от нефтеориентированной экономики. Для производства электроэнергии из угля в нашей стране на государственном уровне намечены тенденции сохранения производства для поддержания социальной стабильности. Важным социальным фактором для расширения использования электромобилей также является их высокая стоимость.

Ключевые слова: топливно-энергетические ресурсы, источники энергии, электрификация транспорта, транспортная система, экологическая ситуация

Для цитирования: Агафонов И. А., Чечина О. С. Эколого-экономические аспекты электрификации автомобильного транспорта // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика. 2025. № 2. С. 17–26. <https://doi.org/10.24143/2073-5537-2025-2-17-26>. EDN CPWJEX.

Original article

Ecological and economic aspects of motor transport electrification

Igor A. Agaphonov, Oksana S. Chechina✉

*Samara State Technical University,
Samara, Russia, ChechinaOS@yandex.ru*✉

Abstract. The modern global economy demonstrates mutually multidirectional trends. On the one hand, there is a continuous increase in energy demand, on the other, the most developed countries of the world are showing growing concern about the environmental consequences of using traditional energy resources. In the rapidly developing countries of the Asian region, the indicators of electricity production are intensively increasing, while in Europe they show a downward trend. The growth of the population and its mobility necessitates an increase in the number of cars. Cars are considered as sources of a large amount of pollution for the environment, primarily for the atmosphere. The issue of replacing cars with more environmentally friendly electric vehicles is relevant. Despite the significant growth in the

number of electric vehicles in the world, it remains extremely small compared to the number of traditional cars. The transition to the use of electric vehicles raises a number of social, economic and environmental issues: does humanity, and our country in particular, have the resources to provide electric vehicles with energy; will the replacement of cars with electric vehicles benefit the environment, because globally there will be a transfer of energy generation from internal combustion engines to power plants, which often use much more “dirty” fuels than car engines; what will be the consequences for the economies of countries focused on the use of traditional fuel and energy resources when abandoning infrastructure that supports the operation of traditional cars. A large number of people and organizations are involved in the system of extraction of raw materials, production of fuels of petroleum origin and their distribution, and it is necessary to study their prospects while abandoning the oil-oriented economy. For the production of electricity from coal in our country, trends have been outlined at the state level to maintain production in order to maintain social stability. An important social factor for the expansion of the use of electric vehicles is also their high cost.

Keywords: fuel and energy resources, energy sources, transport electrification, transport system, environmental situation

For citation: Agaphonov I. A., Chechina O. S. Ecological and economic aspects of motor transport electrification. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Economics*. 2025;2:17-26. (In Russ.). <https://doi.org/10.24143/2073-5537-2025-2-17-26>. EDN CPWJEX.

Введение

Автомобили занимают важнейшее место в системах современных мегаполисов, обеспечивая транспортировку пассажиров и грузов, но генерируя значительные объемы вредных выбросов. Довольно часто решением проблемы загрязнения атмосферы предлагается переход на электромобили. При этом вопрос не сводится к замене одного вида транспортного средства другим. Специфика электромобилей заключается в том, что переход к ним сопровождается переносом генерации энергии от двигателя внутреннего сгорания к электрической станции, что порождает естественный вопрос тенденций мирового производства электроэнергии, его возможностей с точки зрения наращивания производства для обеспечения большого количества транспортных средств и источников генерации. Источники генерации сами по себе являются проблемой с точки зрения экологии, т. к. значительная часть электроэнергии производится за счет сжигания топлив, и зачастую создают гораздо больше вредных выбросов в атмосферу, чем бензиновые или дизельные двигатели. Использование электроэнергии для транспортных систем осуществляется давно, хотя обычно это централизованные системы многотоннажных перевозок железнодорожного транспорта или общественного пассажирского транспорта в городах или между ними. Распределение энергии для отдельных потребителей и внедрение этой системы в инфраструктуру городов представляет сложную задачу. Помимо глобальных вопросов обеспечения большого количества индивидуальных транспортных средств электричеством, возникает и ряд вопросов, связанных с простым приобретением таких средств, т. к. они должны прийти на смену огромного количества уже имеющихся автомобилей и иметь довольно большую стоимость для покупателей. Наконец, отказ в перспективе от производства и распределения топлив для автомобилей порождает целый комплекс социальных проблем.

Тенденции мирового производства электроэнергии

В настоящее время в промышленности и энергетике очевиден тренд устойчивого развития, декларирующего минимизацию антропогенного воздействия на окружающую природную среду. В частности, этот тренд реализуется в постепенном отказе от традиционных невозобновляемых топливно-энергетических ресурсов, таких как нефть, газ, уголь, в пользу возобновляемых – солнечной, ветровой энергии и др. Так, за 2023 г. имел место значительный прирост вводимых в эксплуатацию мощностей генерации электроэнергии, объем которых составил 473 ГВт, 86 % из них – возобновляемые источники энергии, хотя и отмечается, что рост этих источников генерации неравномерен в мире и не вполне соответствует темпам роста, запланированным Международным агентством по возобновляемым источникам энергии [1]. Причем 63 % прироста обеспечил Китай, на фоне достижений которого абсолютное значение прироста электрогенерации возобновляемыми источниками энергии остальных стран выглядит относительно невысоким. Большую часть прироста (345,5 ГВт) произвела солнечная электрогенерация. Суммарно в 2023 г. выработка электроэнергии в мире увеличилась на 2,6 %. Этот прирост отвечает сложившейся динамике прироста выработки электроэнергии за 2010–2019 гг. – примерно по 2,5 % [2]. На рис. 1 приведена диаграмма объема производства электроэнергии за 2013–2023 гг. по регионам мира [2]. Можно отметить интенсивную динамику развития азиатского региона, при этом Европа за последние годы обнаруживает тенденции к снижению, в особенности за 2021–2023 гг.: 3 883, 3 780 и 3 646 ТВт·ч соответственно.

Однако при генерации электроэнергии в мировых масштабах по-прежнему лидирующее место занимает уголь, доля которого составляет свыше 35 %. Причем Китай, демонстрирующий фантастический рост возобновляемой энергетики, также является мировым лидером по потреблению угля –

53,3 %. На втором и третьем местах находятся Индия и США – 13,6 и 8,9 % соответственно. Потребление угля в мировой энергетике за 25 лет (с 1997 по 2022 г.) повысилось на 91,2 %. На втором месте в энергетике находится природный газ – 22,7 % [3]. И лишь на третьем находится гидроэнергетика, использующая возобновляемый источник энергии, ее доля в мировом балансе энергогенерации – 14,9 %.

Любопытно, что при анализе структуры электрогенерации нет единого мнения насчет того, относится ли гидроэнергетика к использованию возобновляемых источников энергии. Кроме того, следует помнить, что объемы производства энергии с помощью этого ресурса довольно трудно наращивать, он сильно зависит от гидропотенциала территории [4].

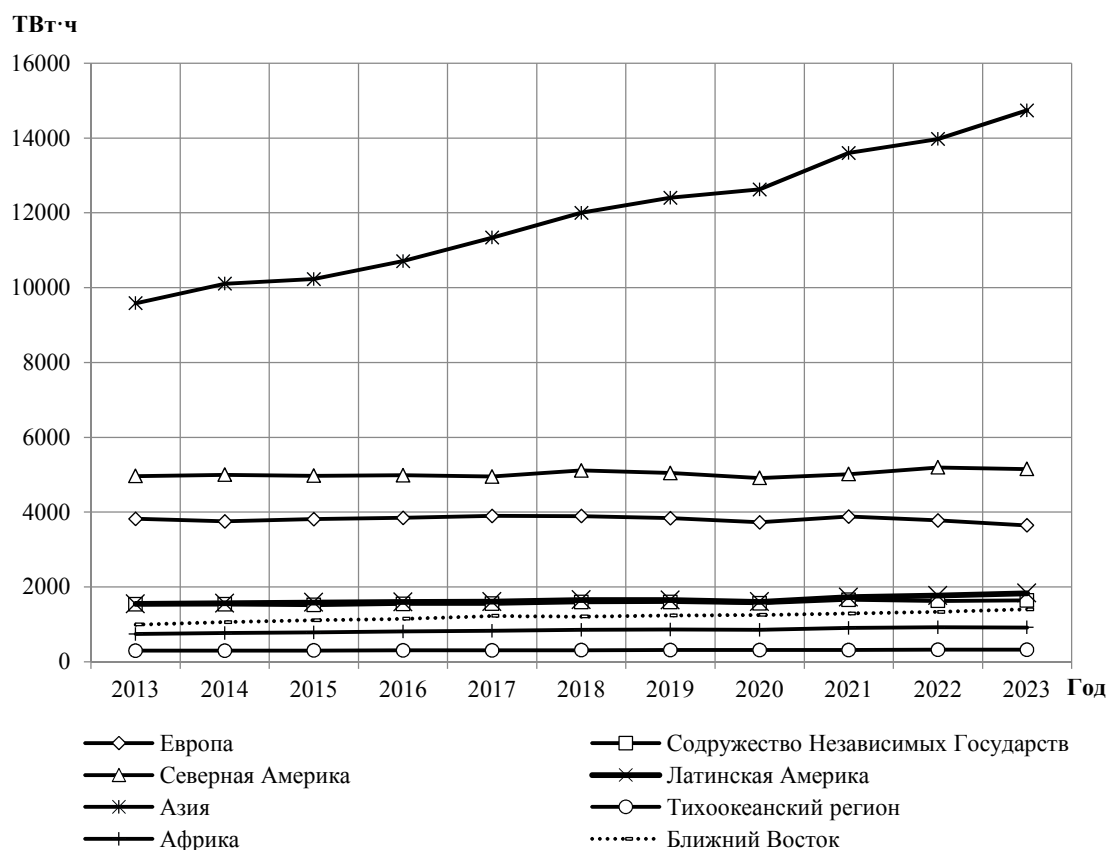


Рис. 1. Диаграмма объема производства электроэнергии за 2013–2023 гг. по регионам мира

Fig. 1. Electricity production volume chart for 2013-2023 by world regions

В целом, демонстрируя высокие темпы прироста, возобновляемые источники энергии отличаются пока незначительным объемом абсолютного количества вырабатываемой с их помощью электроэнергии – суммарно, без учета гидроэнергетики, они генерируют около 14,4 % мощностей [3]. Таким образом, современная генерирующая электроэнергетика в значительной степени опирается на традиционные топливно-энергетические природные ресурсы.

Автомобильный транспорт как источник загрязнения атмосферы

Современная жизнь немыслима без транспортных систем, значительную часть которых составляет

личный автомобильный транспорт. Планируется, что объем мирового парка автомобилей к 2030 г. достигнет 2 млрд единиц. В России на 01 июля 2023 г. было зарегистрировано 53,89 млн автотранспортных средств, из которых 45,74 млн единиц (85 %) составляли легковые автомобили, 4,12 млн единиц – легкие коммерческие машины [5]. Прирост количества автомобилей в Российской Федерации очень интенсивен: с 2006 г. он составил около 19,9 млн единиц [6], т. е. 58,5 %. Динамика изменения количества автомобилей в России представлена на рис. 2 [7] (учитываются лишь личные автомобили, в то время как многие организации также располагают легковыми автомобилями).

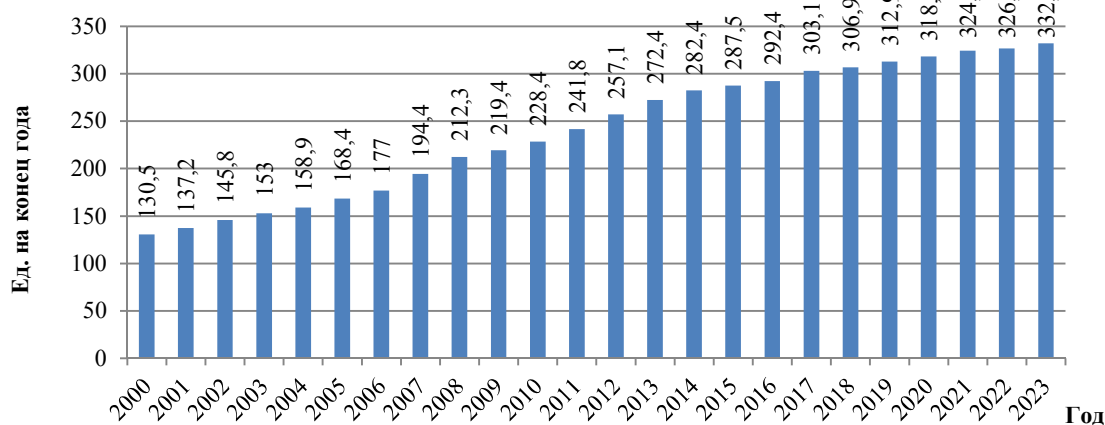


Рис. 2. Количество собственных легковых автомобилей на 1 000 чел. населения РФ

Fig. 2. Number of private passenger cars per 1 000 people in the Russian Federation

Большое значение для городской экологии представляют автобусы и грузовые автомобили, статистика по количеству которых в нашей стране представлена на рис. 3 [7]. Количество грузовых автомобилей не обнаруживает устойчивый рост, однако для автобусов обнаруживается обратная тенденция: после 2017 г. количество эксплуатационных автобусов на маршрутах неуклонно снижается, что многократно отмечалось в СМИ. Например, в 2016 г. только в Москве количество автобусов на маршрутах снизилось на 250 единиц [8]. Возможно, причиной сокращения числа автобусов является реализация

государственной программы РФ «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности», которая ставит задачу замены старых транспортных средств новыми с ежегодным выведением из эксплуатации до 52 тыс. единиц автобусной техники М2 и М3 [9]. Одновременно в 2018 г. отмечалось, что автомобильный парк стареет и большей частью состоит из машин возрастом более 10 лет [10]. Также снижение количества автобусов может быть объяснено постепенным вытеснением их в организациях легковыми автомобилями.

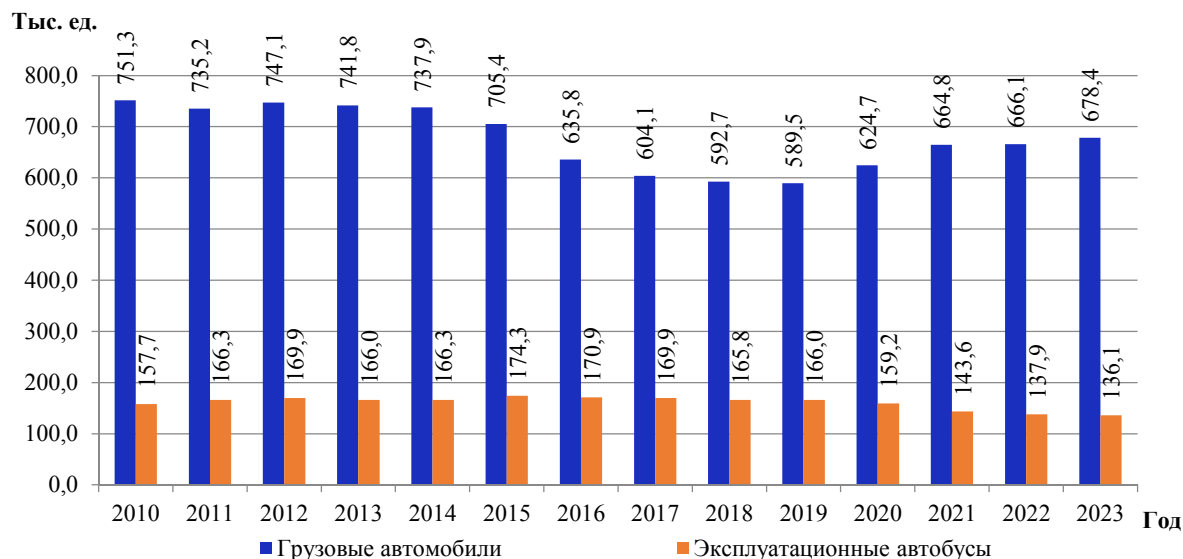


Рис. 3. Количество грузовых автомобилей в организациях любых организационных форм РФ и эксплуатационных автобусов общего пользования, выполняющих перевозки по маршрутам регулярных перевозок

Fig. 3. The number of trucks in organizations of any organizational form of the Russian Federation and public buses operating on regular transportation routes

Возвращаясь к автомобилям как к источникам загрязнения окружающей среды, необходимо учитывать, что автомобили – лишь часть глобальной системы транспорта, важным элементом которой является обеспечение их топливом. В работе [11] отмечается, что структура транспортного парка в значительной степени определяет структуру нефтеперерабатывающей промышленности, соотношение процессов, производящих и повышающих качество тех или иных групп топлив. В свою очередь химический состав этих топлив определяет количественный и качественный состав продуктов сгорания и уровень загрязнения атмосферы, прежде всего в городах.

Транспортная система также определяется протяженностью транспортных путей для данного вида транспорта и – в случае подвода энергии к транспорту извне – протяженностью и расположением питающих линий. Так, в России к началу 2019 г. эксплуатационная длина железнодорожных путей составляла 87 тыс. км, из которых электрифицированные составляли 44 тыс. км, автомобильные доро-

ги с твердым покрытием – 1 188 тыс. км, трамвайные пути – 2,4 тыс. км, троллейбусные линии – 5,1 тыс. км, линии метрополитена – 0,58 тыс. км [7].

В 2021 г. международная организация ОПЕК отмечала в своем исследовании, что транспортная отрасль потребляет 57,2 % мировой нефти, в 2 раза больше, чем мировая промышленность (26,4 %); 79 % этого потребления приходится на автомобильный транспорт. Также ОПЕК прогнозирует сохранение данного соотношения потребления нефти по отраслям до 2040 г. [12]. Большая часть автомобильного транспорта работает с двигателями внутреннего сгорания, использующими в качестве топлива продукты перегонки нефти. Как следствие, автотранспорт образует большое количество выбросов продуктов сгорания углеводородных смесей в атмосферу.

В ежегодном государственном докладе «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2023 году» [13] отмечается следующая статистика по выбросам вредных веществ в атмосферу (таблица).

Динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от автомобильного транспорта, тыс. т

Dynamics of emissions of pollutants into the atmospheric air from motor transport, thousand tons

Год	Всего	Из них				
		СО	Летучие органические соединения	NO _x	Сажа	SO ₂
2014	13 622	10 555	1 390	1 483	25	77
2015	13 819	10 707	1 411	1 504	26	78
2016	14 105	10 929	1 440	1 535	26	80
2017	14 448	11 195	1 478	1 570	27	81
2018	15 108	11 701	1 544	1 648	28	85
2019	5 291	3 745	432	979	30	37
2020	5 137	3 639	416	950	28	37
2021	4 949	3 499	395	922	27	38
2022	4 885	3 456	389	909	27	37
2023	4 876	3 462	387	897	26	38

Заметно, что в 2019 г. произошло резкое – в три раза – снижение массы выбрасываемых в атмосферу веществ, что связано с изменением методик и учета выбросов. Дело в том, что выброс определяется не буквальным замером объемов продуктов сгорания топлива и содержания в них вредных веществ, а аналитически по количеству транспортных средств в местах их скопления, например на транспортных магистралях, с учетом таких факторов, как характер местности, интенсивность и высотность застройки, атмосферные условия и т. д. [14]. Хотя подобный подход логичен и широко используется в аналитических расчетах для определения объемов выбросов от передвижных источников [15], резкое изменение показателей вследствие изменения методики демонстрирует низкую объективность в оценке абсолютных значений загрязнений

атмосферного воздуха и природы в целом конкретными веществами.

Тем не менее такое загрязнение имеет место. В России за год потребляется около 64 млн т автомобильного топлива, 24 млн т из которого приходится на дизельное топливо и около 36,2 млн т – на бензины [16]. Сжигание такого количества топлива не может не генерировать загрязнения атмосферы, несмотря на существующие методы каталитического дожигания в автомобилях и непрерывное улучшение качества топлив при их производстве.

Загрязнители, попадающие в атмосферу, могут испытывать дальнейшие химические превращения, приводящие к образованию новых вредных веществ, например оксиды серы, взаимодействующие с влагой воздуха и образующие серную и сернистые кислоты.

Как известно, экология интенсивно воздействует на эмоции человека [17], поэтому совокупность статистической информации логично приводит граждан к мысли о замене автомобилей с двигателями внутреннего сгорания на электромобили.

Электрификация транспорта как тренд, направленный на улучшение экологической ситуации

Электромобили в настоящее время переживают расцвет, особенно в Китае с его колоссальной концентрацией населения, а следовательно, и транспорта.

В государственном докладе [13] отмечается утверждение методических рекомендаций по стимулированию использования электромобилей и гибридных автомобилей в субъектах РФ, включающих рекомендации по повышению уровня использования электромобилей и гибридных автомобилей, развитию зарядной инфраструктуры.

Как и в случае с генерацией электроэнергии, следует разделять динамику прироста электромобилей и их общее количество, демонстрирующие разные масштабы. Число легковых электромобилей в России за 2024 г. увеличилось на 75 % и достигло 40 тыс. единиц [18], что составляет 0,087 % от общего количества легковых транспортных средств в стране.

В России прирост количества электромобилей движется относительно слабыми темпами. Для сравнения: в США на начало 2015 г. насчитывалось 170 тыс. электромобилей. В Норвегии к началу 2017 г. на 5 млн чел. населения было зарегистриро-

вано 100 тыс. электромобилей, т. е. по одному на каждые 50 чел. Правительства Норвегии, Нидерландов и Германии запланировали запретить продажу автомобилей с двигателем внутреннего сгорания с 2025 г., а Германия еще предполагает полный переход на электромобили к 2030 г. С сентября 2016 г. введены налоговые льготы при покупке электромобиля: за него выплачивается бонус 4 тыс., а при покупке гибридной модели электромобиля – 3 тыс. евро [19]. Последний фактор имеет важное значение, т. к. политика экологизации сталкивается с проблемой высокой стоимости электромобиля – более высокой, чем автомобиля того же класса.

На рис. 4 представлено количество зарегистрированных электромобилей в трех основных регионах их использования – Китае, США и Европе, а также суммарное количество зарегистрированных электромобилей в мире [20] (указано суммарное количество электромобилей типа BEV (электромобили с аккумуляторами) и PHEV (подключаемые гибридные электромобили)). Доля Китая очень высока – более половины мирового количества электромобилей. Парк электромобилей США, напротив, невелик в масштабах этой страны. Видимо, сказываются традиционное предпочтение автомобильного транспорта и проблемы электризации, родственные нашей стране: обеспеченность автомобилей топливом и системой его распределения в рамках развитой нефтяной промышленности, климатические и пространственные проблемы использования электромобилей.

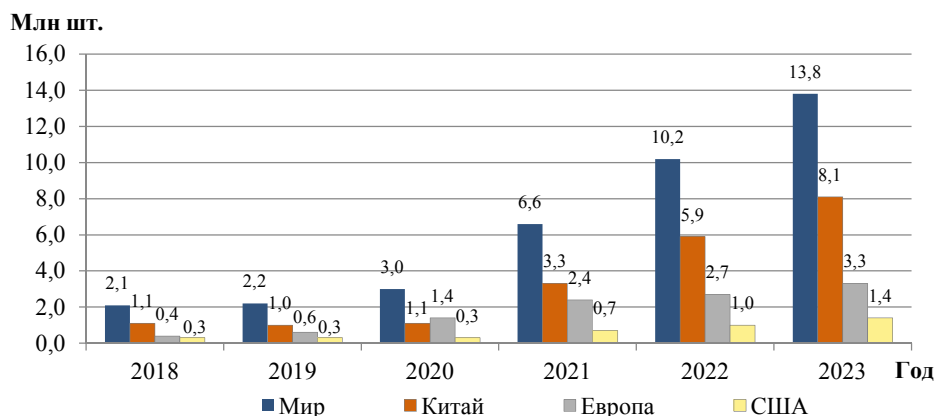


Рис. 4. Количество зарегистрированных электромобилей

Fig. 4. Number of registered electric vehicles

Вариантом решения проблемы высокой стоимости электромобиля является замена двигателя внутреннего сгорания традиционного автомобиля на электродвигатель. Такая замена также довольно затратна: набор оборудования с дистанцией пробега около 300 км и относительно высокими динами-

кой и тягой двигателя стоит без установки около миллиона рублей. Отмечается, что в Китае комплект двигателя на 70 кВт с вспомогательным оборудованием стоит примерно 156 тыс. рублей при курсе юаня 13 рублей [21]. Но, как и в случае традиционного автомобиля, помимо его цены возни-

кает ряд дополнительных вопросов, упирающихся в необходимость формирования инфраструктуры, обеспечивающей комфортную эксплуатацию электромобилей.

Экономические проблемы электрификации автотранспорта

Если электрификация автотранспорта приобретет значимые масштабы в сравнении с количеством существующих традиционных автомобилей, это потребует ввода новых мощностей электрогенерации. При этом ожидается формирование нового пика потребления в суточном балансе электростанций, связанного с массовой зарядкой электромобилей, например в ночное время или в связи с ритмом рабочих смен города и предприятий, расположенных в его черте. Возрастет нагрузка на линии электропередач. Данная проблема хорошо видна на примере старых зданий, в которых электрическая проводка не была рассчитана на использование современных мощных электроприборов, при том что электромобили потребляют больше энергии, чем большинство из этих бытовых устройств. Размещение общедоступных зарядных станций, строительство которых в большом количестве неизбежно при интенсивной электрификации транспорта, столкнется с проблемой концентрации в заселенных городских районах, которая будет дублировать современную проблему обеспечения автомобилей парковочными местами с добавлением потребности оборудования этих мест источниками электроэнергии высокой мощности. А в удаленных от городов местах размещение таких станций приведет к проблеме обеспечения высокой нагрузкой энергосетей, взаимодействующих с ними. За границами городов проблема обеспечения электромобилей энергией неизмеримо возрастает [22].

Американский исследователь из Национальной лаборатории возобновляемой энергии Маттео Муратори отмечает, что замены четверти используемых в городе автомобилей электромобилями достаточно, чтобы вызвать коллапс устаревшей энергосистемы. Электросетевая компания National Grid plc сформировала модель стратегии развития электросетей, в рамках которой предполагался переход к 2050 г. 90 % автопарка Великобритании на электропитание, отметив необходимый рост потребности в электроэнергии на 18 ГВт [22], что для Европы представляет большую экономическую проблему в условиях акцента на развитие возобновляемой, более дорогой энергетики.

Что касается России, то в 2015 г. суммарное потребление энергии при пассажирских перевозках составило около 1 663 млн т н. э., из них 70 % пришлось на легковой автомобильный транспорт [23]. Тонна нефтяного эквивалента (т н. э., англ. Tonne of oil equivalent, toe) равна количеству энергии, выделяющейся при сжигании одной тонны сырой

нефти, около 41,868 ГДж, или 11,63 млн Вт·ч энергии [24]. Потребление энергии автомобильным транспортом на уровне 2015 г. укрупненно оценим по формуле

$$Q_{\Sigma} = Q_{\text{пт}} \eta K,$$

где Q_{Σ} – количество энергии, требуемое для обеспечения легкового автомобильного транспорта, Вт·ч; $Q_{\text{пт}}$ – суммарное потребление энергии при пассажирских перевозках, т н. э.; η – доля потребленной энергии, пришедшей на легковой автомобильный транспорт; K – коэффициент перевода т н. э., равный $11,63 \cdot 10^6$ Вт·ч;

$$Q = 1\,663 \cdot 0,7 \cdot 11,63 \cdot 10^6 = 13,5 \cdot 10^9 \text{ Вт·ч,}$$

или 13,5 ГВт·ч.

В 2017 г. в России произведено 1 048,5 млрд кВт·ч электроэнергии, из них АЭС выработали 196,14 (18,73 %), ГЭС – 178,30 (17,01 %), ТЭС – 614,35 (64,25 %) [25]. То есть замена энергии двигателей внутреннего сгорания электродвигателями потребует роста выработки энергии всего на 1,2 %.

Российские тепловые электростанции в 2023 г. увеличили выработку в годовом выражении на 1,6 %, до 750 млрд кВт·ч, оставаясь основным поставщиком электроэнергии в единую энергосистему страны с долей в 63,7 % всего производства электроэнергии [26]. Таким образом, обеспечить транспорт электроэнергией вполне реально.

Экологические и социальные проблемы электрификации автотранспорта

Остается еще одна проблема: решит ли замена двигателей экологические проблемы? Замена двигателей имеет смысл с экологической точки зрения, если источником новых мощностей будут выступать возобновляемые источники энергии.

По данным аналитического центра Ember за 2022 г., удельная углеродоемкость генерации электроэнергии составила 436 г CO₂-эквивалента на кВт·ч выработки. При этом показатели выбросов CO₂-эквивалента парниковых газов при выработке электроэнергии из разных видов топлива следующие:

- природного газа – 370 г;
- угля – 1 100 г;
- другого ископаемого топлива – 700 г [27].

То есть уголь выступает самым интенсивным генератором парниковых газов на единицу массы сожженного топлива.

В настоящее время доля электроэнергии, генерируемой с помощью угля, в России составляет примерно 13 %. В рамках подготовки новой энергетической стратегии до 2050 г. эта доля может возрасти до 15 %. Фактором, определяющим этот рост, выступают социальные гарантии: первоначальный план сокращения угольной генерации предполагал сокращение угольных станций мощ-

ностью 14 ГВт и закрытие нескольких угледобывающих предприятий, что привело бы к сокращению свыше 49 тыс. рабочих мест, закрытию градообразующих предприятий более чем в 10-и моногородах и необходимости введения «экстренных мер по социальной поддержке населения» [28].

Логика подсказывает, что подобные же социальные потрясения сопряжены с резким сокращением потребления традиционных видов автомобильного топлива, в производство и распределение которого вовлечены значительные трудовые силы. Этот фактор, а также проблема обеспечения дальних перевозок, характерных для больших территорий нашей страны, осложненных тяжелыми климатическими условиями, делает полную замену автотранспорта на электромобили нерациональной.

Климат нашей страны выступает важным фактором: отмечается, что дальность поездки на заряженном электромобиле сокращается с 250 км при поездке за городом на скорости 60 км/ч при температуре воздуха 20 °С до 150 км при поездке в городе со скоростью 25 км/ч и температуре воздуха 10 °С [21]. Данное снижение ресурса не учитывает затраты энергии на обогрев салона в зимний период.

Заключение

Таким образом, для нашей страны переход на электромобили не может быть однозначно положительным. Сложная территориальная структура не позволит равномерно расположить зарядные станции, обеспечив доступную зарядку электромобилей в городах и надежное передвижение их вне городов, особенно в условиях суровых северных или сибирских регионов. Массовое оснащение автомобилей электродвигателями породит потребность в больших затратах у населения, даст сомнительный выигрыш в защите окружающей природной среде, потребует коренной реорганизации инфраструктуры современных транспортных систем, вызовет значительные социальные потрясения в промышленном секторе экономики, связанные с ее реструктуризацией. Поэтому данное направление развития общества в нашей стране вряд ли имеет практическое значение в настоящее время как с экономической, так и с экологической точек зрения, однако интересно на перспективу как предмет изучения, в особенности с учетом вопроса утилизации колоссального количества старых машин, который рано или поздно придется решать нашей цивилизации.

Список источников

1. Рекордный рост возобновляемых источников энергии, но прогресс должен быть равномерным и справедливым. URL: <https://www.irena.org/News/pressreleases/2024/Mar/Record-Growth-in-Renewables-but-Progress-Needs-to-be-Equitable-RU> (дата обращения: 03.02.2025).
2. Статистика мировой энергетики и климата: ежегодник за 2024 год. Производство электроэнергии. URL: <https://yearbook.enerdata.net/electricity/world-electricity-production-statistics.html> (дата обращения: 03.02.2025).
3. Из каких источников мир получал энергию в 2022 году. URL: <https://eenergy.media/news/27753> (дата обращения: 03.02.2025).
4. Агафонов И. А., Чечина О. С., Шафранский И. Е. Экономические аспекты перспективного использования возобновляемых энергоресурсов традиционными технологиями // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Экономика. 2023. № 1. С. 13–22.
5. Тимерханов А. В России насчитывается около 54 млн единиц автомобильной техники. URL: <https://www.autostat.ru/news/55373/> (дата обращения: 03.02.2025).
6. Квитка А. Количество автомобилей в России превышает 56 миллионов. URL: <https://avtonovosti.dnya.ru/avtorynok/kolichestvo-avtomobiley-v-rossii-prevyshayet-56-millionov> (дата обращения: 03.02.2025).
7. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/transport> (дата обращения: 03.02.2025).
8. Яблоков П. «Мосгортранс» сократил количество автобусов на многих маршрутах. URL: https://www.dom-i-dvor.info/news/207_1818 (дата обращения: 03.02.2025).
9. Российский рынок автобусов: падение в пропасть. URL: <https://skoleso.ru/avtopark/rossiyskiy-rynok-avtobusov-padenie-v-propast/> (дата обращения: 03.02.2025).
10. Баршев В. Автобусы стали самым рискованным

видом транспорта. URL: <https://rg.ru/2018/02/15/avtobus-stali-samym-riskovannym-vidom-transporta.htm> (дата обращения: 03.02.2025).

11. Ахметов С. А., Ишмияров М. Х., Веревкин А. П., Докучаев Е. С., Малышев Ю. М. Технология, экономика и автоматизация процессов переработки нефти и газа. М.: Химия, 2005. 736 с.

12. Агафонов И. А., Чечина О. С. Экология нефтяного комплекса: состояние, тенденции и методологические проблемы // Экономика, предпринимательство и право. 2024. Т. 14. № 12. С. 7601–7622.

13. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2023 году: государственный доклад. URL: https://www.mnr.gov.ru/docs/o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii/gosudarstvennyy_doklad_o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii_v_2023/ (дата обращения: 03.02.2025).

14. Об утверждении методики определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от передвижных источников для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха: приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 27.11.2019 № 80. URL: [Prikaz-Minprirody-Rossii-ot-27_11_2019-N-804.pdf](https://www.priroda.ru/docs/804.pdf) (дата обращения: 03.02.2025).

15. Бродская Н. А., Воробьев О. Г., Маковский А. Н. и др. Экология: сборник задач, упражнений и примеров. М.: Дрофа, 2006. 508 с.

16. Ракитин С. Сколько автомобильного топлива потребляется в России за год? URL: <https://www.bolshoyvopros.ru/questions/2043204-skolko-avtomobilnogo-topliva-potrebljaetsja-v-rossii-za-god.html> (дата обращения: 03.02.2025).

17. Агафонов И. А., Васильчиков А. В., Чечина О. С. Проблемы устойчивого развития в аспектах мирового

энергопотребления и экологической грамотности населения // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Экономика. 2024. № 1. С. 65–73.

18. Плюс электрификация автопарка всей страны. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/6533552> (дата обращения: 03.02.2025).

19. Мамедов О. М. Влияние электромобилей на энергетическую систему мегаполиса. URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=6666 (дата обращения: 03.02.2025).

20. Тенденции в области электромобилей. URL: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2024/trends-in-electric-cars> (дата обращения: 03.02.2025).

21. Балабас Е. Переделка бензинового автомобиля в электрический – как, зачем и сколько стоит. URL: <https://www.kolesa.ru/article/peredelka-benzinovogo-avtomobilya-v-elektricheskij-kak-zachem-i-skolko-stoit> (дата обращения: 03.02.2025).

22. Бурочкин А. Трансформация энергосетей под гнетом электромобилей. URL: <https://vc.ru/future/90202-transformaciya-energosetei-pod-gnetom-elektromobilei> (дата обращения: 03.02.2025).

23. Синяк Ю. В. Эффективность альтернативных топлив и технологий в развитии пассажирского авто-

транспорта в средне- и долгосрочной перспективе. URL: <https://ecfor.ru/wp-content/uploads/2019/01/sinyak-yu.v.-alternativnye-topliva-i-tehnologii-v-razvitiya-passazhirskogo-avtotransporta.pdf> (дата обращения: 03.02.2025).

24. Тое – тонна нефтяного эквивалента. Конвертер и таблица перевода величины. URL: <https://www.convert-me.com/ru/convert/energy/toe.html?u=toe&v=1> (дата обращения: 03.02.2025).

25. Электростанции ЕЭС России выработали 1048,3 млрд кВт·ч, что на 2,1 % больше, чем в 2015 г. URL: <https://www.eprussia.ru/news/base/2017/4136407.htm> (дата обращения: 03.02.2025).

26. Выработка электроэнергии в России в 2023 г. выросла на 0,7 %. URL: <https://tass.ru/ekonomika/19869375> (дата обращения: 03.02.2025).

27. Выбросы парниковых газов достигли нового исторического максимума. URL: <https://eepir.ru/new/vybrosy-parnikovyh-gazov-dostigli-novogo-istoricheskogo-maksimuma/> (дата обращения: 03.02.2025).

28. Бобылев П. Угольная промышленность как гарантия энергобезопасности и устойчивого развития России. URL: <https://energypolicy.ru/ugolnaya-promyshlennost-kak-garantiya-energobezopasnosti-i-ustojchivogorazvitiya-rossii/ugol/2022/19/16/> (дата обращения: 03.02.2025).

References

1. *Rekordnyi rost vozobnovliaemykh istochnikov energii, no progress dolzhen byt' ravnomernym i spravedlivym* [Record growth in renewable energy sources, but progress must be uniform and fair]. Available at: <https://www.irena.org/News/pressreleases/2024/Mar/Record-Growth-in-Renewables-but-Progress-Needs-to-be-Equitable-RU> (accessed: 03.02.2025).

2. *Statistika mirovoi energetiki i klimata: ezhegodnik za 2024 god. Proizvodstvo elektroenergii* [Global energy and Climate statistics: Yearbook for 2024. Electricity generation]. Available at: <https://yearbook.enerdata.net/electricity/world-electricity-production-statistics.html> (accessed: 03.02.2025).

3. *Iz kakikh istochnikov mir poluchal energiiu v 2022 godu* [What sources did the world receive energy from in 2022]. Available at: <https://eenergy.media/news/27753> (accessed: 03.02.2025).

4. Agafonov I. A., Chechina O. S., Shafranskii I. E. *Ekonomicheskie aspekty perspektivnogo ispol'zovaniia vozobnovliaemykh energoresursov traditsionnymi tekhnologiyami* [Economic aspects of the prospective use of renewable energy resources by traditional technologies]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Ekonomika*, 2023, no. 1, pp. 13-22.

5. Timerkhanov A. *V Rossii naschityvaetsia okolo 54 mln edinits avtomobil'noi tekhniki* [Russia has about 54 million units of automotive equipment.]. Available at: <https://www.autostat.ru/news/55373/> (accessed: 03.02.2025).

6. Kvitka A. *Kolichestvo avtomobilei v Rossii prevyshaet 56 millionov* [The number of cars in Russia exceeds 56 million]. Available at: <https://avtonovostidnya.ru/avtorynok/kolichestvo-avtomobilei-v-rossii-prevyshaet-56-millionov> (accessed: 03.02.2025).

7. *Ofitsial'nyi sait Federal'noi sluzhby gosudarstvennoi statistiki* [The official website of the Federal State Statistics Service]. Available at: <https://rosstat.gov.ru/statistics/transport> (accessed: 03.02.2025).

8. Iablokov P. *«Mosgortrans» sokratil kolichestvo avtobusov na mnogikh marshrutakh* [Mosgortrans has reduced the

number of buses on many routes]. Available at: https://www.dom-i-dvor.info/news/207_1818 (accessed: 03.02.2025).

9. *Rossiiskii rynek avtobusov: padenie v propast'* [The Russian bus market: falling into the abyss]. Available at: <https://5koleso.ru/avtopark/rossiyskiy-rynek-avtobusov-padenie-v-propast/> (accessed: 03.02.2025).

10. Barshev V. *Avtobusy stali samym riskovannym vidom transporta* [Buses have become the riskiest mode of transport]. Available at: <https://rg.ru/2018/02/15/avtobusy-stali-samym-riskovannym-vidom-transporta.htm> (accessed: 03.03.2025).

11. Akhmetov S. A., Ishmiiarov M. Kh., Verevkin A. P., Dokuchaev E. S., Malyshev Iu. M. *Tekhnologii, ekonomika i avtomatizatsiia protsessov pererabotki nefii i gaza* [Technology, economics and automation of oil and gas refining processes]. Moscow, Khimiia Publ., 2005. 736 p.

12. Agafonov I. A., Chechina O. S. *Ekologiya nefianogo kompleksa: sostoianie, tendentsii i metodologicheskie problemy* [Ecology of the oil complex: state, trends and methodological problems]. *Ekonomika, predprinimatel'stvo i pravo*, 2024, vol. 14, no. 12, pp. 7601-7622.

13. *O sostoianii i ob okhrane okruzhaiushchei sredy Rossiiskoi Federatsii v 2023 godu: gosudarstvennyi doklad* [On the state and protection of the environment of the Russian Federation in 2023: State report]. Available at: https://www.mnr.gov.ru/docs/o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii/gosudarstvennyy_doklad_o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii_v_2023_/ (accessed: 03.02.2025).

14. *Ob utverzhdenii metodiki opredeleniia vybrosov zagriazniat'nykh veshchestv v atmosferyni vozdukh ot peredvizhnykh istochnikov dlia provedeniia svodnykh raschetov zagriazneniia atmosfernogo vozdukh: prikaz Ministerstva prirodnnykh resursov i ekologii RF ot 27.11.2019 № 80* [On approval of the methodology for determining emissions of pollutants into atmospheric air from mobile sources for conducting summary calculations of atmospheric air pollution: Order No. 80 of the Ministry of Natural Resources and

Ecology of the Russian Federation dated 11/27/2019]. Available at: [Prikaz-Minprirody-Rossii-ot-27_11_2019-N-804.pdf](https://prikaz-minprirody-rossii-ot-27_11_2019-N-804.pdf) (accessed: 03.02.2025).

15. Brodskaya N. A., Vorob'ev O. G., Makovskii A. N. i dr. *Ekologiya: sbornik zadach, uprazhnenii i primerov* [Ecology: a collection of tasks, exercises and examples]. Moscow, Drofa Publ., 2006. 508 p.

16. Rakitin S. *Skol'ko avtomobil'nogo topliva potrebliaetsia v Rossii za god?* [How much motor fuel is consumed in Russia per year?]. Available at: <https://www.bolshoyvopros.ru/questions/2043204-skolko-avtomobilnogo-topliva-potrebliaetsia-v-rossii-za-god.html> (accessed: 03.02.2025).

17. Agafonov I. A., Vasil'chikov A. V., Chechina O. S. Problemy ustoichivogo razvitiia v aspektakh mirovogo energopotrebleniia i ekologicheskoi gramotnosti naseleniia [Problems of sustainable development in the aspects of global energy consumption and environmental literacy of the population]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Ekonomika*, 2024, no. 1, pp. 65-73.

18. *Plius elektrifikatsiia avtoparka vsei strany* [Plus the electrification of the entire country's fleet]. Available at: <https://www.kommersant.ru/doc/6533552> (accessed: 03.02.2025).

19. Mamedov O. M. *Vlianie elektromobilei na energeticheskuiu sistemu megapolisa* [The impact of electric vehicles on the energy system of a megacity]. Available at: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=6666 (accessed: 03.02.2025).

20. *Tendentsii v oblasti elektromobilei* [Trends in electric vehicles]. Available at: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2024/trends-in-electric-cars> (accessed: 03.02.2025).

21. Balabas E. *Peredelka benzinovogo avtomobilia v elektricheskii – kak, zachem i skol'ko stoit* [Converting a gasoline car into an electric one – how, why, and how much does it cost]. Available at: <https://www.kolesa.ru/article/peredelka-benzinovogo-avtomobilya-v-elektricheskii-kak-zachem-i-skolko-stoit> (accessed: 03.02.2025).

22. Burochkin A. *Transformatsiia energosetei pod gnetom elektromobilei* [Transformation of power grids under the yoke

of electric vehicles]. Available at: <https://vc.ru/future/90202-transformatsiya-energosetei-pod-gnetom-elektromobilei> (accessed: 03.02.2025).

23. Siniak Iu. V. *Effektivnost' al'ternativnykh topliv i tekhnologii v razvitiie passazhirskogo avtotransporta v sredne- i dolgosrochnoi perspektive* [The effectiveness of alternative fuels and technologies in the development of passenger vehicles in the medium and long term]. Available at: <https://ecfor.ru/wp-content/uploads/2019/01/sinyak-yu.v.-alternativnye-topliva-i-tehnologii-v-razvitiya-passazhirskogo-avto-transporta.pdf> (accessed: 03.02.2025).

24. *Toe – tonna nefianogo ekvivalenta. Konverter i tablitsa perevoda velichiny* [Toe – a ton of oil equivalent. Converter and value conversion table]. Available at: <https://www.convert-me.com/ru/convert/energy/toe.html?u=toe&v=1> (accessed: 03.02.2025).

25. *Elektrostantsii EES Rossii vyrabotali 1048,3 mldr kVt·ch, chto na 2,1 % bol'she, chem v 2015 g.* [The power plants of the UES of Russia generated 1048.3 billion kWh, which is 2.1% more than in 2015]. Available at: <https://www.eprussia.ru/news/base/2017/4136407.htm> (accessed: 03.02.2025).

26. *Vyrabotka elektroenergii v Rossii v 2023 g. vyroslo na 0,7 %* [Electricity generation in Russia increased by 0.7% in 2023]. Available at: <https://tass.ru/ekonomika/19869375> (accessed: 03.02.2025).

27. *Vybrosoy parnikovyykh gazov dostigli novogo istoricheskogo maksimuma* [Greenhouse gas emissions have reached a new historic high]. Available at: <https://eepir.ru/new/vybrosoy-parnikovyykh-gazov-dostigli-novogo-istoricheskogo-maksimuma/> (accessed: 03.02.2025).

28. Bobylev P. *Ugol'naya promyshlennost' kak garantiia energobezopasnosti i ustoichivogo razvitiia Rossii* [Coal industry as a guarantee of energy security and sustainable development of Russia]. Available at: <https://energypolicy.ru/ugolnaya-promyshlennost-kak-garantiya-energobezopasnosti-i-ustojchivogorazvitiya-rossii/ugol/2022/19/16/> (accessed: 03.02.2025).

Статья поступила в редакцию 11.02.2025; одобрена после рецензирования 18.03.2025; принята к публикации 03.06.2025
The article was submitted 11.02.2025; approved after reviewing 18.03.2025; accepted for publication 03.06.2025

Информация об авторах / Information about the authors

Игорь Анатольевич Агафонов — кандидат химических наук, доцент; доцент кафедры экономики промышленности и производственного менеджмента; Самарский государственный технический университет; yuhan@mail.ru

Igor A. Agaphonov — Candidate of Chemical Sciences, Assistant Professor; Assistant Professor of the Department of Industrial Economics and Production Management; Samara State Technical University; yuhan@mail.ru

Оксана Сергеевна Чечина — доктор экономических наук, профессор; заведующий кафедрой экономики промышленности и производственного менеджмента; Самарский государственный технический университет; ChechinaOS@yandex.ru

Oksana S. Chechina — Doctor of Economic Sciences, Professor; Head of the Department of Industrial Economics and Production Management; Samara State Technical University; ChechinaOS@yandex.ru

