

Сравнительная оценка конкурентоспособности и экстерналийных издержек электромобиля и автомобиля с двигателем внутреннего сгорания (на примере города Москвы)

Анастасия Валерьевна Барабошкина

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия,
baraboshkina-a@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2948-5940>

Аннотация

Цель. Проведение сравнительной оценки конкурентоспособности электромобиля и автомобиля с двигателем внутреннего сгорания (ДВС) среднего ценового сегмента и их экстерналийных издержек на примере города Москвы.

Задачи. Описание методологии и оценка совокупной стоимости владения электрическим автомобилем «Москвич 3е» и его бензиновым аналогом «Москвич 3»; расчет экстерналийных издержек электромобиля и автомобиля с бензиновым двигателем, связанных с выбросами парниковых газов и загрязняющих воздух веществ; оценка совокупной стоимости для общества.

Методология. В целях сравнительной оценки конкурентоспособности автомобилей с разными типами двигателей использован метод оценки совокупной стоимости владения; в аспекте получения совокупной стоимости для общества путем экономической оценки выбросов рассчитаны экстерналийные издержки, связанные с изменением климата и загрязнением атмосферного воздуха.

Результаты. В настоящее время совокупная стоимость пятилетнего владения электромобилем «Москвич 3е» выше по сравнению с автомобилем «Москвич 3» практически на 461 тыс. руб., даже с учетом существующих в Москве мер поддержки. Разница в экстерналийных издержках, обусловленных выбросами парниковых газов и загрязняющих воздух веществ, составляет 68,3 тыс. руб. Электромобиль является более экологичным и вносит меньший вклад в изменение климата. Разница в совокупной стоимости пятилетнего владения электромобилем «Москвич 3е» и его бензиновым аналогом с учетом экстерналийных издержек (совокупная стоимость для общества) составляет 392 тыс. руб. Это означает, что интернализация экстерналийных затрат может повысить конкурентоспособность электромобиля.

Выводы. Проведенное исследование позволит потенциальным покупателям оценить реальную ценовую доступность интересующих их транспортных средств, в частности транспортных средств «Москвич 3» и «Москвич 3е». Полученные результаты могут послужить базой для дальнейшего развития мер поддержки электрического автомобильного транспорта в Москве, например, при расчете размера субсидии, необходимой для обеспечения конкурентоспособности электромобилей среднего ценового сегмента.

Ключевые слова: электромобиль, автомобиль с ДВС, совокупная стоимость владения, экстерналийные издержки, совокупная стоимость для общества, изменение климата, загрязнение воздуха

Для цитирования: Барабошкина А. В. Сравнительная оценка конкурентоспособности и экстерналийных издержек электромобиля и автомобиля с двигателем внутреннего сгорания (на примере города Москвы) // *Экономика и управление*. 2023. Т. 29. № 4. С. 423–434. <http://doi.org/10.35854/1998-1627-2023-4-423-434>

Благодарности: исследование проведено при финансовой поддержке Российского научного фонда в рамках проекта № 23-28-00508 «Методология формирования механизмов низкоуглеродного развития российской экономики в новых условиях».

Comparative assessment of competitiveness and external costs of electric car and car with internal combustion engine (on the example of Moscow)

Anastasiia V. Baraboshkina

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia,
baraboshkina-a@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2948-5940>

Abstract

Aim. To carry out a comparative evaluation of the competitiveness of electric car and car with internal combustion engine (ICE) of the middle price segment and their external costs on the example of Moscow.

Tasks. To describe the methodology and estimate the total cost of ownership of an electric car “Moskvich 3e” and its gasoline counterpart “Moskvich 3”; calculate the external costs of an electric car and a gasoline-powered car related to greenhouse gas emissions and air pollutants; estimate the total cost for society.

Methods. In order to compare the competitiveness of cars with different types of engines, the method of total cost of ownership was used; in the aspect of obtaining the total cost for society by economic evaluation of emissions, the external costs associated with climate change and air pollution were calculated.

Results. Currently, the total cost of five-year ownership of electric car “Moskvich 3e” is higher in comparison with the car “Moskvich 3” practically by 461 thousand rubles, even taking into account the existing support measures in Moscow. The difference in external costs due to greenhouse gas emissions and air pollutants is about 68.3 thousand rubles. The electric car is more environmentally friendly and contributes less to climate change. The difference in the total cost of five-year ownership of an electric car “Moskvich 3e” and its gasoline analogue, taking into account the external costs (total cost for society) is 392 thousand rubles. This means that the internalization of external costs may slightly increase the competitiveness of the electric car.

Conclusions. The study will allow potential buyers to assess the real affordability of vehicles of interest to them, in particular vehicles “Moskvich 3” and “Moskvich 3e”. The obtained results may serve as a basis for further development of support measures for electric motor vehicles in Moscow, for example, when calculating the amount of subsidy necessary to ensure the competitiveness of electric cars of the medium price segment.

Keywords: *electric vehicle, internal combustion engine vehicle, total cost of ownership, external costs, total cost for society, climate change, air pollution*

For citation: Baraboshkina A.V. Comparative assessment of competitiveness and external costs of electric car and car with internal combustion engine (on the example of Moscow) // *Ekonomika i upravlenie = Economics and Management*. 2023;29(4):423-434. (In Russ.). <http://doi.org/10.35854/1998-1627-2023-4-423-434>

Acknowledgements: the study was conducted with the financial support of the Russian Science Foundation under the project No. 23-28-00508 “Methodology for the elaboration of mechanisms for low-carbon development of Russia’s economy in new circumstances”.

Введение

На транспортный сектор приходится 64 % мирового потребления нефти и 23 % выбросов углекислого газа. Ежегодно 185 тыс. преждевременных смертей в мире напрямую связаны с загрязнением окружающей среды вследствие использования транспортных средств [1]. Автомобили с двигателем внутреннего сгорания (ДВС) являются основным источником выбросов и потребителем нефтепродуктов, поэтому все больше государств стимулируют переход на альтерна-

тивные виды топлива и новые технологии. Популярными в этой связи становятся автомобили, работающие на электроаккумуляторах (электромобили).

В 2021 г. на электромобили пришлось около 10 % от глобальных продаж новых машин, их общее количество на дорогах мира составило 16,5 млн ед. Продажи электромобилей по-прежнему активно росли и в 2022 г.: только в первом квартале было продано 2 млн ед., что на 75 % больше, чем за аналогичный период 2021 г. [2]. В России рынок электротранспорта находит-

ся на начальном этапе развития и обладает хорошими перспективами. Москва является лидером по количеству зарегистрированных электромобилей: по последним данным, в столице насчитывается 3,4 тыс. автомобилей с электродвигателем [3].

Потребитель, приобретая машину, в основном обращает внимание на первоначальные затраты и в меньшей степени на другие расходы, связанные в целом с периодом владения транспортным средством. Выбор автомобиля без учета всех затрат может привести к более дорогостоящему решению в долгосрочной перспективе. Оценка совокупной стоимости владения (*Total Cost of Ownership, TCO*) служит инструментом, помогающим приблизиться к пониманию истинной стоимости покупки товара или услуги. *TCO* включает в себя расходы, которые несет владелец с момента приобретения автомобиля до его перепродажи или окончания срока службы, помогает ему корректнее оценить его реальную ценовую доступность. Владение автомобилем, кроме того, подразумевает образование экстерналий (внешних) издержек (*External Costs, EC*), которые возникают у третьих лиц. Если при расчетах к совокупной стоимости владения с точки зрения потребителя добавить денежные оценки негативного воздействия транспортного средства на окружающую среду и население, то результатом будет совокупная стоимость для общества (*Total Cost for Society, TCS*) [4].

Исследования, связанные с оценкой совокупной стоимости владения транспортным средством, показывают широкое разнообразие в подходах к анализу. Преимущественно совокупная стоимость владения автомобилями с разными типами двигателей рассчитывается без учета экстерналий издержек [5; 6; 7; 8]. В некоторых работах они учитываются, при этом набор рассматриваемых экстерналий различается. Например, в одном из исследований [9] дана денежная оценка ущерба, вызванного выбросами парниковых газов и загрязняющих воздух веществ, в другом — авторы [10] анализируют три параметра: стоимость выбросов CO₂, выбросов загрязняющих веществ и шумового загрязнения; в третьем [11] — в расчеты включена не только стоимость выбросов, но и денежная оценка потери времени, обусловленной техническим обслуживанием транспортного средства и его заправкой. Отличается и состав учитываемых расходов потребителя: в расчеты могут включать

или, наоборот, исключать из них такие параметры, как цену замены аккумуляторной батареи, платежи по кредиту, различные виды налогов и т. п. [5]. Используемые в исследованиях ставки дисконтирования, необходимые для приведения будущих денежных потоков к текущей стоимости, изменяются в широком диапазоне: от 0,2 % до более чем 60 % [12]. Рассматриваемые сроки владения также варьируются: от трех лет [13] до шестнадцати [14].

В целом результаты исследований показывают, что в настоящее время, с точки зрения среднего потребителя, полностью электрические автомобили могут конкурировать по цене с традиционными машинами, имеющими ДВС, лишь при наличии значительных мер государственной поддержки. Например, в Германии с учетом субсидий на покупку и налоговых льгот стоимость владения новым электромобилем малого/среднего класса является самой низкой по сравнению с автомобилями с бензиновым и дизельным двигателями, подзаряжаемыми гибридами и автомобилями на водородных топливных элементах [14]. В Норвегии существенные налоговые послабления для полностью электрических автомобилей и увеличение налоговой нагрузки на автомобили с ДВС обеспечили конкурентоспособность электромобилей при четырехлетнем сроке владения [6]. Относительно экстерналий издержек отметим, что, согласно большинству исследований, в которых рассчитана совокупная стоимость для общества, их интернализация, то есть трансформация издержек общества в издержки субъектов, деятельность которых вызывает внешние эффекты, не может обеспечить конкурентоспособность полностью электрических автомобилей. Преимущественно это связано с высокой стоимостью последних [9; 10].

В статье нами дана сравнительная оценка конкурентоспособности поступивших в продажу в 2022 г. автомобилей среднего ценового сегмента, а именно электрического автомобиля «Москвич 3е» и его бензинового аналога «Москвич 3», с учетом экстерналий издержек (на примере Москвы).

Совокупная стоимость владения («Москвич 3е» и «Москвич 3»)

В общем виде формула совокупной стоимости для общества выглядит следующим образом:

$$TCS = TCO + EC, \quad (1)$$

где TCS — совокупная стоимость для общества;

TCO — совокупная стоимость владения;

EC — экстернальные (внешние) издержки.

На основе анализа литературы выбрана следующая методика расчета совокупной стоимости владения автомобилем:

$$TCO = \text{Первоначальные затраты} + \sum_{t=1}^n \frac{\text{Эксплуатационные расходы}}{(1+r)^t} - \frac{\text{Стоимость перепродажи}}{(1+r)^n}, \quad (2)$$

где r — ставка дисконтирования;

n — срок владения автомобилем;

t — год.

Сравним совокупную стоимость владения на примере двух российских кроссOVERов: автомобиля с бензиновым двигателем «Москвич 3» и его электрического аналога «Москвич 3е».

Согласно данным аналитического агентства «Автостат», среднегодовой пробег автомобиля в Москве составляет 16,1 тыс. км [15], средний срок владения автомобилем до перепродажи в России — пять лет [16]. С учетом этого проведем оценку TCO . В структуру оценки входят только показатели, значимые для описания различий в стоимости автомобилей.

В первоначальные затраты включены рекомендованные розничные цены (РРЦ), покупка и установка домашней зарядной станции для электромобиля. РРЦ указаны на сайте производителя: от 1,97 млн руб. в случае автомобиля «Москвич 3»; от 3,5 млн руб. в случае электромобиля «Москвич 3е» [17]. Покупка и установка зарядной станции в подземном паркинге многоквартирного дома для одного машино-места может обойтись примерно в 210 тыс. руб. [18].

Эксплуатационные расходы включают в себя затраты на топливо/электроэнергию, техобслуживание, парковку и транспортный налог. При пробеге 16,1 тыс. км и расходе топлива 6,6 л/100 км автовладелец в год в среднем потратит 50 495 руб. на бензин АИ-92 [19; 20], зарядка электромобиля при расходе электроэнергии 19,8 кВт.ч/100 км по ночному тарифу будет стоить всего 8 352 руб. [21; 22].

Срок службы аккумуляторной батареи достигает восьми-десяти лет [23], поэтому

при пятилетнем владении электромобилем стоимость замены батареи не учитывают. Техобслуживание автомобиля с бензиновым двигателем в среднем обходится в 10 тыс. руб. в год [24]. Техобслуживание электромобиля на 40 % дешевле традиционного аналога при равном пробеге. Это обусловлено тем, что электромобилю не нужно менять моторное масло, кислородный датчик, свечи зажигания, приводные ремни, иные компоненты, связанные с наличием ДВС [25].

Самый дешевый абонемент на безлимитную парковку на уличных парковках Москвы (от внешней стороны Бульварного кольца до границ столицы) стоит 150 тыс. руб. в год [26]. Транспортный налог, который ежегодно должен платить владелец машины «Москвич 3», равен 5 250 руб. [17; 27]. Для электромобилей в Москве действуют меры поддержки: бесплатная парковка и возможность бесплатной зарядки, освобождение от уплаты транспортного налога [28].

В одной из статей [29] проанализирована динамика потери стоимости электромобилей и их бензиновых аналогов из разных сегментов и стран, а также сделан вывод о том, что электромобиль в среднем ежегодно теряет в стоимости 13,9 %, в то время как автомобиль с бензиновым двигателем — 10,4 %. Таким образом стоимость при перепродаже через пять лет составит 47 % и 58 % от рекомендованных розничных цен соответственно. Более быстрое обесценивание электромобилей может быть связано с несколькими факторами: относительно более низким спросом на них, недостаточной информированностью покупателей относительно срока службы батареи и других частей электрокара, быстрым технологическим прогрессом, который снижает конкурентоспособность устаревших моделей на вторичном рынке [29].

Используемые при расчете совокупной стоимости владения величины ставок дисконтирования существенно отличаются друг от друга. Ряд исследователей [10; 30] предлагают применять реальную ставку дисконтирования, которая позволяет исключить влияние инфляции и проводить расчеты в постоянных ценах. Реальную ставку дисконтирования вычисляют по формуле Фишера:

$$r = \frac{1+n}{1+i} - 1, \quad (3)$$

где r и n — реальная и номинальная ставки; i — темп инфляции.

Показатели модели TCO

Table 1. Total cost of ownership (TCO) model indicators

Показатель	Значение	
	«Москвич 3е»	«Москвич 3»
Год покупки	2023	
Срок владения	Пять лет	
Среднегодовой пробег	16,1 тыс. км	
Ставка дисконтирования	5 %	
Рекомендованная розничная цена	3,5 млн руб.	1,97 млн руб.
Покупка и установка зарядной станции	210 тыс. руб.	–
Затраты на электроэнергию	8 352 руб./год	–
Затраты на бензин	–	50 495 руб./год
Затраты на техобслуживание	6 тыс. руб./год	10 тыс. руб./год
Парковка	–	150 тыс. руб./год
Транспортный налог	–	5 250 руб./год
Стоимость перепродажи	1,66 млн руб.	1,14 млн руб.

В качестве номинальной ставки можно использовать безрисковую процентную ставку [30], которой является, например, ставка по государственным облигациям. Доходность облигаций федерального займа (ОФЗ) с погашением через пять лет равна 9,7 % [31]. Средний ожидаемый уровень инфляции в ближайшие пять лет составляет 4,4 % [32]. Таким образом, реальная ставка дисконтирования равна 5 %.

В таблице 1 представлены все показатели модели TCO.

Экстернальные издержки

Согласно последним расчетам, проведенным для стран Европейского союза (ЕС) в 2016 г., доля автомобильного транспорта в совокупных экстерналиях издержек транспорта составила 83 %. В разрезе категорий экстерналий на загрязнение воздуха и климатические изменения пришлось треть от общих негативных внешних издержек транспорта. Если рассматривать только экологические экстерналии, то эти категории являются основными [33]. В статье проведена сравнительная оценка экстерналих издержек электромобиля и автомобиля с ДВС, связанных с выбросами парниковых газов и загрязняющих атмосферный воздух веществ.

Социальная стоимость углерода (*Social Cost of Carbon, SCC*) — одно из важнейших понятий в экономике изменения климата. Этот термин означает издержки, вызванные выбросами в атмосферу одной допол-

нительной тонны диоксида углерода (CO₂). Согласно более точному определению, это изменение в дисконтированной стоимости экономического благосостояния, вызванного выбросом дополнительной тонны CO₂ [34]. В литературе в основном представлены оценки социальной стоимости углерода, но можно обнаружить и оценки социальной стоимости других парниковых газов (ПГ), таких как метан, закись азота. Социальная стоимость углерода крайне чувствительна к изменению ставки дисконтирования. В работе лауреата Нобелевской премии по экономике У. Нордхауса «Пересмотр социальной стоимости углерода» сказано, что к 2030 г. SCC при ставке дисконтирования 2,5 % составит 164,6 долл. за тонну CO₂, тогда как при ставке 5 % — 29,1 долл. за тонну CO₂ (в ценах 2010 г.) [34]. По последним оценкам Агентства по охране окружающей среды США, SCC при ставках дисконтирования 2,5 %, 2 % и 1,5 % к 2030 г. будет равной 140, 230 и 380 долл. за тонну CO₂ соответственно (в ценах 2020 г.) [35].

Ключевым компонентом расчета SCC служит экономическая оценка ущерба, вызванного климатическими изменениями. Существует и подход, основанный на оценке стоимости предотвращения негативных последствий изменения климата. Его необходимой составляющей является наличие целевого уровня сокращения выбросов (например, уменьшение выбросов парниковых газов на 80–95 % к 2050 г. по сравнению с 1990 г. для удержания прироста глобальной средней температуры ниже 1,5–2° С).

Удельные издержки и выбросы парниковых газов и загрязняющих веществ¹

Table 2. Specific costs and emissions of greenhouse gases and pollutants

Показатель	Значение	
	Электромобиль	Автомобиль с ДВС
Стоимость выбросов парниковых газов	9,908 руб./кг CO ₂ -экв.	
Углеродный след (выбросы ПГ в течение жизненного цикла)	0,126 кг/км	0,198 кг/км
Стоимость выбросов загрязняющих веществ		
VOC (летучие органические соединения)	119 руб./кг	119 руб./кг
NO _x (оксиды азота)	1 080 руб./кг	2 110 руб./кг
SO ₂ (диоксид серы)	1 080 руб./кг	1 080 руб./кг
Твердые частицы PM 2.5	1 922 руб./кг	37 749 руб./кг
Выбросы загрязняющих веществ		
VOC (летучие органические соединения)	0,0000144 кг/км	0,0000594 кг/км
NO _x (оксиды азота)	0,0000812 кг/км	0,0000561 кг/км
SO ₂ (диоксид серы)	0,0000191 кг/км	≈ 0
Твердые частицы PM 2.5	0,0000026 кг/км	0,0000033 кг/км

Невозможность учета и измерения всех возможных негативных последствий и меньший разброс оценок стали причиной использования именно этого подхода во многих исследованиях, в том числе в рамках крупного европейского проекта *ExternE*, связанного с расчетом экстерналий [33]. Одна из центральных оценок стоимости предотвращения выбросов для кратко- и среднесрочного периода (до 2030 г.) — 100 евро за тонну CO₂-эквивалента в ценах 2016 г., или почти 130 долл./т CO₂-эквивалента в ценах 2023 г. [33]. Данная величина использована при расчете экстерналий издержек в статье. Это обусловлено и тем, что она подходит для стоимостной оценки выбросов всех парниковых газов, так как измеряется в тоннах CO₂-эквивалента.

Последние оценки экстерналий издержек, связанных с прямым и косвенным (в результате энергопроизводства) загрязнением воздуха транспортными средствами, представлены в «Руководстве по экстерналий издержкам транспорта», опубликованном Европейской комиссией в 2020 г. [33]. Автомобильный транспорт является источником выбросов на глобальном, региональном и локальном уровнях. Выбросы парниковых газов оказывают негативное воздействие на глобальном уровне. Поэтому для оценки экстерналий издержек, связанных с изменением климата, исполь-

зованы средние объемы выбросов ПГ в течение полного жизненного цикла электромобилей и автомобилей с ДВС (углеродный след), рассчитанные Московским кредитным банком с опорой на российские данные [36]. Загрязняющие воздух вещества наносят вред населению и окружающей среде на локальном/региональном уровнях, поэтому в статье, для оценки экстерналий издержек, связанных с загрязнением воздуха, учитываются только выхлопные газы в случае автомобиля с ДВС и выбросы в результате производства энергии на электростанциях в случае электромобиля. Для расчета последних применены коэффициенты выбросов, приведенные в одной из работ коллектива авторов [37] и скорректированные с учетом того, что основным топливом для электростанций в Москве является природный газ. В качестве величин расхода топлива/электроэнергии взяты вышеупомянутые показатели транспортных средств «Москвич 3» и «Москвич 3е».

В таблице 2 представлены все показатели, необходимые для оценки экстерналий издержек, связанных с климатическими изменениями и загрязнением городского воздуха.

Результаты

По итогам расчетов получены оценки совокупной стоимости владения (ТСО) электро-

¹ Все стоимостные показатели указаны в рублях (в ценах 2023 г.), рассчитаны с использованием индекса потребительских цен и курса валют Центрального банка Российской Федерации (ЦБ РФ).

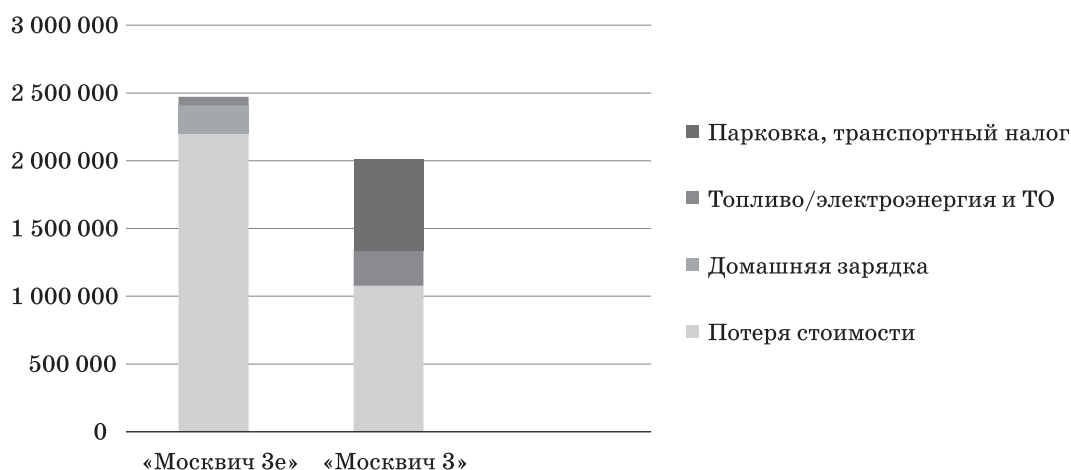


Рис. 1. Совокупная стоимость пятилетнего владения электромобилем «Москвич 3е» и автомобилем «Москвич 3» с ДВС на примере Москвы, руб.

Fig. 1. Total cost of five-year ownership of electric car “Moskvich 3e” and car “Moskvich 3” with internal combustion engine on the example of Moscow, rub.

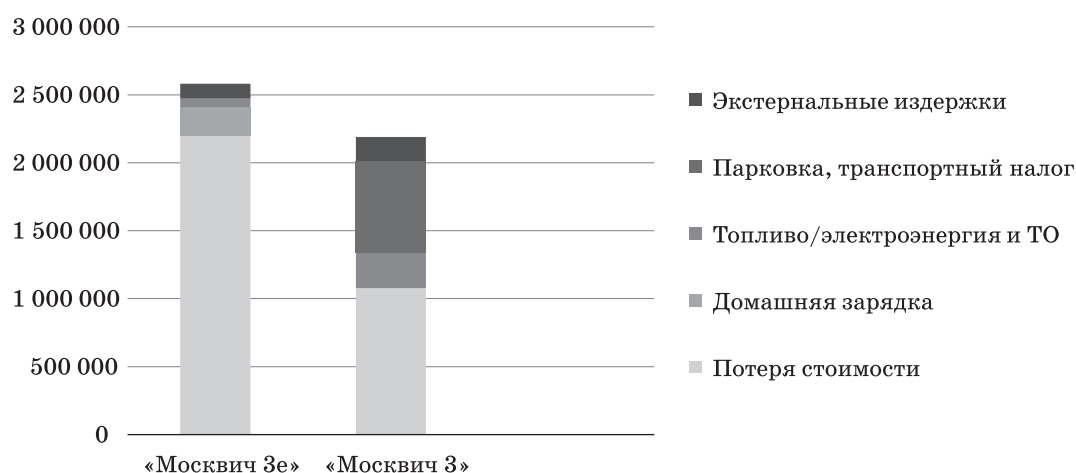


Рис. 2. Совокупная стоимость пятилетнего владения электромобилем «Москвич 3е» и автомобилем «Москвич 3» с ДВС на примере Москвы (с учетом экстерналий), руб.

Fig. 2. Total cost of five-year ownership of electric car “Moskvich 3e” and car “Moskvich 3” with internal combustion engine on the example of Moscow (taking into account external costs), rub.

мобилем «Москвич 3е» и его бензиновым аналогом «Москвич 3» на примере Москвы, приведенные на рисунке 1.

В настоящее время совокупная стоимость пятилетнего владения транспортным средством «Москвич 3е» по сравнению с автомобилем «Москвич 3» выше почти на 461 тыс. руб., несмотря на наличие мер поддержки электромобилей в Москве. Относительно низкие эксплуатационные затраты, бесплатная парковка и освобождение от уплаты транспортного налога не возмещают разницу в первоначальных затратах. Стоит отметить, что для корректной оценки потери стоимости российских данных пока недостаточно. Однако использование иностранных данных позволяет сделать вывод о том, что

обесценивание электромобиля происходит быстрее, и это обусловлено причинами, указанными выше.

Добавив к *ТСО* рассчитанные экстерналии, получаем результаты, представленные на рисунке 2.

Исходя из построенных диаграмм, можно сделать вывод, что электромобиль является более экологичным транспортным средством и вносит меньший вклад в изменение климата, чем автомобиль с бензиновым двигателем. Разница в экстерналиях, обусловленных выбросами парниковых газов и загрязняющих воздух веществ, составляет 68,3 тыс. руб. при пятилетнем пробеге 80,5 тыс. км. Это объясняется практически полным отсутствием выбросов во время

поездки на электромобиле, преобладанием в структуре производства электроэнергии Москвы относительно чистого (по сравнению с углем) природного газа, а также более низкой концентрацией вредных веществ в городском воздухе при сжигании топлива на электростанциях ввиду их рассеивания (по сравнению с их концентрацией при сгорании топлива в автомобильных двигателях). Появление большего количества российских данных в дальнейшем позволит уточнить оценки.

Разница в совокупной стоимости пятилетнего владения электромобилем и его бензиновым аналогом с учетом экстерналий (то есть в совокупной стоимости для общества) равна 392 тыс. руб. Это означает, что интернализация экстерналий затрат может повысить конкурентоспособность электромобиля. Но в любом случае пока он остается неконкурентоспособным.

Заключение

Формирование устойчивой транспортной системы подразумевает переход от традиционных автомобилей с ДВС на транспортные средства, использующие альтернативные виды топлива, в частности на электрические. Российский рынок электромобилей только начинает развиваться, наибольшее количество электрокаров в настоящее время зарегистрировано в Москве.

Расчет совокупной стоимости владения (ТСО) автомобилем служит инструментом оценки его конкурентоспособности. Эксплуатация транспортного средства означает возникновение внешних эффектов (экстерналий), которые не оплачиваются автовладельцем. Включение экстерналий издержек в совокупную стоимость владения позволяет перейти к совокупной стоимости для общества (TCS). В статье на примере города Москвы проведена оценка совокупной стоимости владения компактным кроссовером «Москвич 3» и его электрической версией «Москвич 3е», поступивших на отечественный рынок в 2022 г. Результаты рас-

четов показывают, что сегодня паритет между транспортным средством «Москвич 3е» и автомобилем «Москвич 3» при пятилетнем сроке владения пока не достигнут. Владение бензиновым автомобилем «Москвич 3» выгоднее почти на 461 тыс. руб., даже с учетом низких эксплуатационных расходов при использовании электромобиля «Москвич 3е» и в целом существующих в Москве мер поддержки электромобилей.

На загрязнение воздуха и климатические изменения приходится основная доля экологических экстерналий издержек автомобильного транспорта. Оценка экстерналий издержек электромобиля «Москвич 3е» и его бензинового аналога проведена с применением усредненных российских и иностранных данных, а также с учетом структуры производства электроэнергии в Москве. Полученные результаты свидетельствуют о том, что внешние издержки, обусловленные выбросами парниковых газов на протяжении жизненного цикла автомобилей и прямыми (от автомобиля с ДВС) и косвенными (от электромобиля) выбросами вредных веществ, ниже в случае электромобиля примерно на 68,3 тыс. руб. при пятилетнем пробеге 80,5 тыс. км.

Добавление к совокупной стоимости владения автомобилями экстерналий издержек и получение совокупной стоимости для общества не сильно изменяет ситуацию: стоимость электромобиля и в этом случае выше — на 392 тыс. руб. Однако это означает, что интернализация экстерналий издержек в настоящее время хотя и не устраняет разрыв в стоимости полностью, но способна его уменьшить.

Результаты исследования будут полезны потенциальным покупателям, которые смогут оценить реальную ценовую доступность интересующих их автомобилей, в частности транспортных средств «Москвич 3» и «Москвич 3е». Полученные результаты могут служить базой для принятия управленческих решений: например, при расчете размера субсидии, необходимой для обеспечения конкурентоспособности электромобилей среднего ценового сегмента.

Список источников

1. Mead L. The road to sustainable transport // IISD. 2021. May. URL: <https://www.iisd.org/system/files/2021-05/still-one-earth-sustainable-transport.pdf> (дата обращения: 10.03.2023).
2. Global EV outlook 2022: Securing supplies for an electric future. Paris: International Energy Agency (IEA), 2022. 221 p. URL: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/>

- ad8fb04c-4f75-42fc-973a-6e54c8a4449a/GlobalElectricVehicleOutlook2022.pdf (дата обращения: 10.03.2023).
3. Трубин А. Эксперты подсчитали количество электромобилей в России // Autonews. 2023. 13 марта. URL: <https://www.autonews.ru/news/640ed78c9a79477f4aa05067> (дата обращения: 17.03.2023).
 4. De Clerck Q., van Lier T., Messagie M., Macharis C., van Mierlo J., Vanhaverbeke L. Total cost for society: A persona-based analysis of electric and conventional vehicles // Transportation Research Part D: Transport and Environment. 2018. Vol. 64. P. 90–110. DOI: 10.1016/j.trd.2018.02.017
 5. Letmathe P., Soares M. A consumer-oriented total cost of ownership model for different vehicle types in Germany // Transportation Research Part D: Transport and Environment. 2017. Vol. 57. P. 314–335. DOI: 10.1016/j.trd.2017.09.007
 6. Lévy P., Drossinos Y., Thiel C. The effect of fiscal incentives on market penetration of electric vehicles: A pairwise comparison of total cost of ownership // Energy Policy. 2017. Vol. 105. P. 524–533. DOI: 10.1016/j.enpol.2017.02.054
 7. Palmer K., Tate J. E., Wadud Z., Nellthorp J. Total cost of ownership and market share for hybrid and electric vehicles in the UK, US and Japan // Applied Energy. 2018. Vol. 209. P. 108–119. DOI: 10.1016/j.apenergy.2017.10.089
 8. Сеницын М. В. Ценовая конкурентоспособность легковых электромобилей в США // Инновации и инвестиции. 2019. № 7. С. 74–80.
 9. Gilmore E., Patwardhan A. Passenger vehicles that minimize the costs of ownership and environmental damages in the Indian market // Applied Energy. 2016. Vol. 184. P. 863–872. DOI: 10.1016/j.apenergy.2016.09.096
 10. Danielis R., Giansoldati M., Scorrano M. Consumer- and society-oriented cost of ownership of electric and conventional cars in Italy // New Economic Papers. 2019. Vol. 19. No. 3. P. 1–21. URL: http://www.sietitalia.org/wpsiet/WP%20SIET%202019_3%20-%20Danielis.pdf (дата обращения: 18.03.2023).
 11. Mitropoulos L., Prevedouros P., Kopelias P. Total cost of ownership and externalities of conventional, hybrid and electric vehicle // Transportation Research Procedia. 2017. Vol. 24. P. 267–274. DOI: 10.1016/j.trpro.2017.05.117
 12. Santos G., Rembalski S. Do electric vehicles need subsidies in the UK? // Energy Policy. 2020. Vol. 149. Article 111890. DOI: 10.1016/j.enpol.2020.111890
 13. Захаров А. Дорогие километры: в какую сумму обходится владение автомобилем в России // РИА Новости. 2016. 14 сентября. URL: <https://ria.ru/20160914/1476953363.html> (дата обращения: 18.03.2023).
 14. Electric cars in Germany: Calculating the total cost of ownership for consumers. Final report (v2) for VZBV & BEUC. Cambridge: Element Energy Limited, 2021. 36 p. URL: https://www.vzbv.de/sites/default/files/2021-08/Germany%20TCO%20Report_Final%20Report.pdf (дата обращения: 17.03.2023).
 15. «Автостат»: Среднегодовой пробег автомобиля в Москве составляет 16,1 тыс. км // Агентство городских новостей. Москва. 2019. 2 ноября. URL: <https://www.mskagency.ru/materials/2941961> (дата обращения: 18.03.2023).
 16. Тиммерханов А. Каковы сроки владения автомобилями в России? // Автостат. 2021. 10 января. URL: <https://www.autostat.ru/news/46900/> (дата обращения: 18.03.2023).
 17. Новости и пресс-релизы // Москвич: офиц. сайт автомобильного завода. URL: <https://moskvich-auto.ru/> (дата обращения: 20.03.2023).
 18. Гращенкова В. Сколько стоит зарядная станция для электромобиля // Тинькофф журнал. 2021. 10 августа. URL: <https://journal.tinkoff.ru/zaryadnaya-stanciya/> (дата обращения: 20.03.2023).
 19. 3-я модель Москвича // Ironhorse. 2023. 14 февраля. URL: <https://ironhorse.ru/moskvitch/moskvich-3/> (дата обращения: 20.03.2023).
 20. Цены на бензин и карта АЗС России // Benzin-price. 2023. URL: <https://www.benzin-price.ru/> (дата обращения: 20.03.2023).
 21. Зайцев К. На что способен новый китайско-российский электромобиль: первый тест-драйв «Москвича 3е» // 66.ru. 2023. 13 марта. URL: <https://auto.66.ru/news/261611/> (дата обращения: 20.03.2023).
 22. Тарифный калькулятор // Мосэнергосбыт. URL: <https://www.mosenergosbyt.ru/individuals/tariffs-n-payments/calc/> (дата обращения: 20.03.2023).
 23. Howell B. How long do electric car batteries last? // The ecoexperts. 2023. January 26. URL: <https://www.theecoexperts.co.uk/electric-vehicles/battery-life> (дата обращения: 20.03.2023).
 24. Емельянова С. «Смотреть, как он хорошеет, потрясаяще»: сколько стоит содержать личный автомобиль // Тинькофф журнал. 2021. 24 марта. URL: <https://journal.tinkoff.ru/pay-to-ride/> (дата обращения: 20.03.2023).

25. Battery-electric vehicles have lower scheduled maintenance costs than other light-duty vehicles // Office of Energy Efficiency & Renewable Energy. 2021. June 14. URL: <https://www.energy.gov/eere/vehicles/articles/fotw-1190-june-14-2021-battery-electric-vehicles-have-lower-scheduled> (дата обращения: 20.03.2023).
26. Тарифы и правила оплаты парковки в Москве // Mos.ru. URL: <https://parking.mos.ru/new/> (дата обращения: 20.03.2023).
27. Налоговый калькулятор. Расчет транспортного налога // ФНС России. URL: https://www.nalog.gov.ru/rn77/service/calc_transport/ (дата обращения: 20.03.2023).
28. Лобачев М. «Москвич» предложил ввести единые льготы для электромобилей по всей России // Газета.Ru. 2023. 27 февраля. URL: <https://www.gazeta.ru/auto/news/2023/02/27/19844641.shtml> (дата обращения: 20.03.2023).
29. Schlöter L. Empirical analysis of the depreciation of electric vehicles compared to gasoline vehicles // Transport Policy. 2022. Vol. 126. P. 268–279. DOI: 10.1016/j.tranpol.2022.07.021
30. Lebeau P., Macharis C., van Mierlo J. How to improve the total cost of ownership of electric vehicles: An analysis of the light commercial vehicle segment // World Electric Vehicle Journal. 2019. Vol. 10. No. 4. Article 90. DOI: 10.3390/wevj10040090
31. Кривая бескупонной доходности государственных облигаций // Банк России. 2023. 21 марта. URL: https://cbr.ru/hd_base/zcys_params/zcys/ (дата обращения: 21.03.2023).
32. Основные направления единой государственной денежно-кредитной политики на 2023 год и период 2024 и 2025 годов // Банк России. 2022. 2 ноября. URL: https://cbr.ru/about_br/publ/ondkp/on_2023_2025/ (дата обращения: 21.03.2023).
33. Van Essen H., van Wijngaarden L., Schroten A., Sutter D., Bieler C., Maffei S., Brambilla M., Fiorello D., Fermi F., Parolin R., El Beyrouthy K. Handbook on the external costs of transport: version 2019 — 1.1. Delft: CE Delft, 2019. 332 p. URL: https://cedelft.eu/wp-content/uploads/sites/2/2021/03/CE_Delft_4K83_Handbook_on_the_external_costs_of_transport_Final.pdf (дата обращения: 23.03.2023).
34. Nordhaus W. D. Revisiting the social cost of carbon // PNAS. 2016. Vol. 114. No. 7. P. 1518–1523. DOI: 10.1073/pnas.1609244114
35. Report on the social cost of greenhouse gases: Estimates incorporating recent scientific advances. Washington, DC: United States Environmental Protection Agency (EPA), 2022. 131 p.
36. Электромобили VS. Автомобили с ДВС. Климатические эффекты в РФ. М.: Московский кредитный банк, 2022. 26 с. URL: https://www.eprussia.ru/upload/iblock/ca7/16muxyhmbx5x6urpxpjdxpxx6izug5q/ElectrocarsVScars_MCB.pdf (дата обращения: 23.03.2023).
37. Yang L., Yu B., Yang B., Chen H., Malima G., Wei Y.-M. Life cycle environmental assessment of electric and internal combustion engine vehicles in China // Journal of Cleaner Production. 2021. Vol. 285. Article 124899. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.124899

References

1. Mead L. The road to sustainable transport. IISD. May 2021. URL: <https://www.iisd.org/system/files/2021-05/still-one-earth-sustainable-transport.pdf> (accessed on 10.03.2023).
2. Global EV outlook 2022: Securing supplies for an electric future. Paris: International Energy Agency (IEA); 2022. 221 p. URL: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ad8fb04c-4f75-42fc-973a-6e54c8a4449a/GlobalElectricVehicleOutlook2022.pdf> (accessed on 10.03.2023).
3. Trubin A. Experts counted the number of electric vehicles in Russia. Autonews. Mar. 13, 2023. URL: <https://www.autonews.ru/news/640ed78c9a79477f4aa05067> (accessed on 17.03.2023).
4. De Clerck Q., van Lier T., Messagie M., Macharis C., van Mierlo J., Vanhaverbeke L. Total cost for society: A persona-based analysis of electric and conventional vehicles. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 2018;64:90-110. DOI: 10.1016/j.trd.2018.02.017
5. Letmathe P., Soares M. A consumer-oriented total cost of ownership model for different vehicle types in Germany. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 2017;57:314-335. DOI: 10.1016/j.trd.2017.09.007
6. Lévy P.Z., Drossinos Y., Thiel C. The effect of fiscal incentives on market penetration of electric vehicles: A pairwise comparison of total cost of ownership. *Energy Policy*. 2017; 105:524-533. DOI: 10.1016/j.enpol.2017.02.054
7. Palmer K., Tate J.E., Wadud Z., Nellthorp J. Total cost of ownership and market share for hybrid and electric vehicles in the UK, US and Japan. *Applied Energy*. 2018;209:108-119. DOI: 10.1016/j.apenergy.2017.10.089
8. Sinitsyn M.V. Price competitiveness of passenger electric vehicles in the US. *Innovatsii i investitsii = Innovation & Investment*. 2019;(7):74-80. (In Russ.).
9. Gilmore E.A., Patwardhan A. Passenger vehicles that minimize the costs of ownership and environmental damages in the Indian market. *Applied Energy*. 2016;184:863-872. DOI: 10.1016/j.apenergy.2016.09.096

10. Danielis R., Giansoldati M., Scorrano M. Consumer- and society-oriented cost of ownership of electric and conventional cars in Italy. *New Economic Papers*. 2019;19(3):1-21. URL: http://www.sietitalia.org/wpsiet/WP%20SIET%202019_3%20-%20Danielis.pdf (accessed on 18.03.2023).
11. Mitropoulos L.K., Prevedouros P.D., Kopelias P. Total cost of ownership and externalities of conventional, hybrid and electric vehicle. *Transportation Research Procedia*. 2017;24:267-274. DOI: 10.1016/j.trpro.2017.05.117
12. Santos G., Rembalski S. Do electric vehicles need subsidies in the UK? *Energy Policy*. 2020;149:111890. DOI: 10.1016/j.enpol.2020.111890
13. Zakharov A. Expensive kilometers: How much does it cost to own a car in Russia. RIA Novosti. Sep. 14, 2016. URL: <https://ria.ru/20160914/1476953363.html> (accessed on 18.03.2023). (In Russ.).
14. Electric cars in Germany: Calculating the total cost of ownership for consumers. Final report (v2) for VZBV & BEUC. Cambridge: Element Energy Limited; 2021. 36 p. URL: https://www.vzbv.de/sites/default/files/2021-08/Germany%20TCO%20Report_Final%20Report.pdf (accessed on 17.03.2023).
15. Avtostat: The average annual mileage of a car in Moscow is 16.1 thousand km. City News Agency. Moscow. Nov. 02, 2019. URL: <https://www.mskagency.ru/materials/2941961> (accessed on 18.03.2023). (In Russ.).
16. Timerkhanov A. What is the period of car ownership in Russia? Avtostat. Jan. 10, 2021. URL: <https://www.autostat.ru/news/46900/> (accessed on 18.03.2023). (In Russ.).
17. News and press releases. Official website of car factory Moskvich. URL: <https://moskvich-auto.ru/> (accessed on 20.03.2023). (In Russ.).
18. Grashchenkova V. How much does an electric car charging station cost. Tinkoff zhurnal. Aug. 10, 2021. URL: <https://journal.tinkoff.ru/zaryadnaya-stanciya/> (accessed on 20.03.2023). (In Russ.).
19. 3rd Moskvitch model. Ironhorse. Feb. 14, 2023. URL: <https://ironhorse.ru/moskvitch/moskvich-3/> (accessed on 20.03.2023). (In Russ.).
20. Gasoline prices and a map of gas stations in Russia. Benzin-price. 2023. URL: <https://www.benzin-price.ru/> (accessed on 20.03.2023). (In Russ.).
21. Zaitsev K. What is the new Chinese-Russian electric car capable of: The first test drive of the Moskvich 3e. 66.ru. Mar. 13, 2023. URL: <https://auto.66.ru/news/261611/> (accessed on 20.03.2023). (In Russ.).
22. Tariff calculator. Mosenergosbyt. URL: <https://www.mosenergosbyt.ru/individuals/tariffs-n-payments/calc/> (accessed on 20.03.2023). (In Russ.).
23. Howell B. How long do electric car batteries last? The Ecoexperts. Jan. 26, 2023. URL: <https://www.theecoexperts.co.uk/electric-vehicles/battery-life> (accessed on 20.03.2023).
24. Emel'yanova S. "Watching him get prettier is amazing": How much does it cost to maintain a personal car. Tinkoff zhurnal. Mar. 24, 2021. URL: <https://journal.tinkoff.ru/pay-to-ride/> (accessed on 20.03.2023). (In Russ.).
25. Battery-electric vehicles have lower scheduled maintenance costs than other light-duty vehicles. Office of Energy Efficiency & Renewable Energy. Jun. 14, 2021. URL: <https://www.energy.gov/eere/vehicles/articles/fotw-1190-june-14-2021-battery-electric-vehicles-have-lower-scheduled> (accessed on 20.03.2023).
26. Tariffs and rules for paying for parking in Moscow. Mos.ru. URL: <https://parking.mos.ru/new/> (accessed on 20.03.2023). (In Russ.).
27. Tax calculator. Transport tax calculation. Federal Tax Service of Russia. URL: https://www.nalog.gov.ru/rn77/service/calc_transport/ (accessed on 20.03.2023). (In Russ.).
28. Lobachev M. "Moskvich" proposed to introduce uniform benefits for electric vehicles throughout Russia. Gazeta.ru. Feb. 27, 2023. URL: <https://www.gazeta.ru/auto/news/2023/02/27/19844641.shtml> (accessed on 20.03.2023). (In Russ.).
29. Schlöter L. Empirical analysis of the depreciation of electric vehicles compared to gasoline vehicles. *Transport Policy*. 2022;126:268-279. DOI: 10.1016/j.tranpol.2022.07.021
30. Lebeau P., Macharis C., van Mierlo J. How to improve the total cost of ownership of electric vehicles: An analysis of the light commercial vehicle segment. *World Electric Vehicle Journal*. 2019;10(4):90. DOI: 10.3390/wevj10040090
31. Zero-coupon yield curve for government bonds. Bank of Russia. Mar. 21, 2023. URL: https://cbr.ru/hd_base/zcyc_params/zcyc/ (accessed on 21.03.2023). (In Russ.).
32. Main directions of the unified state monetary policy for 2023 and the period of 2024 and 2025. Bank of Russia. Nov. 02, 2022. URL: https://cbr.ru/about_br/publ/ondkp/on_2023_2025/ (accessed on 21.03.2023). (In Russ.).
33. Van Essen H., van Wijngaarden L., Schrotten A., Sutter D., Bieler C., Maffei S., Brambilla M., Fiorello D., Fermi F., Parolin R., El Beyrouthy K. Handbook on the external costs of transport: Version 2019 — 1.1. Delft: CE Delft; 2019. 332 p. URL: https://cedelft.eu/wp-content/uploads/sites/2/2021/03/CE_Delft_4K83_Handbook_on_the_external_costs_of_transport_Final.pdf (accessed on 23.03.2023).

34. Nordhaus W.D. Revisiting the social cost of carbon. *PNAS*. 2016;114(7):1518-1523. DOI: 10.1073/pnas.1609244114
35. Report on the social cost of greenhouse gases: Estimates incorporating recent scientific advances. Washington, DC: United States Environmental Protection Agency (EPA); 2022. 131 p.
36. Electric cars VS. Vehicles with internal combustion engines. Climate effects in Russia. Moscow: Credit Bank of Moscow; 2022. 26 p. URL: https://www.eprussia.ru/upload/iblock/ca7/l6muxyhmbx5x6upxppjdxpxx6izug5q/ElectrocarsVScars_MCB.pdf (accessed on 23.03.2023). (In Russ.).
37. Yang L., Yu B., Yang B., Chen H., Malima G., Wei Y.-M. Life cycle environmental assessment of electric and internal combustion engine vehicles in China. *Journal of Cleaner Production*. 2021;285:124899. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.124899

Сведения об авторе

Анастасия Валерьевна Барабошкина

научный сотрудник кафедры экономики
природопользования экономического факультета

Московский государственный университет
имени М. В. Ломоносова

119991, Москва, Ленинские горы, д. 1

Поступила в редакцию 27.03.2023
Прошла рецензирование 14.04.2023
Подписана в печать 26.04.2023

Information about Author

Anastasiia V. Baraboshkina

researcher at the Department of Environmental
Economics, Faculty of Economics

Lomonosov Moscow State University

1 Leninskie Gory, Moscow 119991, Russia

Received 27.03.2023
Revised 14.04.2023
Accepted 26.04.2023

Конфликт интересов: автор декларирует отсутствие конфликта интересов,
связанных с публикацией данной статьи.

Conflict of interest: the author declare no conflict of interest
related to the publication of this article.