

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ БОРЬБЫ С ЗАГРЯЗНЕНИЕМ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА КРУПНЫХ РОССИЙСКИХ ГОРОДОВ***Даниил Салаватович ЗИЯЗОВ^а, Антон Игоревич ПЫЖЕВ^б, Юлия Ивановна ПЫЖЕВА^с**

^а магистрант кафедры социально-экономического планирования,
Сибирский федеральный университет (СФУ),
Красноярск, Российская Федерация
kael111133@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-7276-1931>
SPIN-код: 8517-6560

^б кандидат экономических наук,
заведующий научно-учебной лабораторией экономики природных ресурсов и окружающей среды,
доцент кафедры социально-экономического планирования,
Сибирский федеральный университет (СФУ),
Красноярск, Российская Федерация
apyzhev@sfu-kras.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7909-3227>
SPIN-код: 3984-2277

^с кандидат экономических наук, доцент кафедры социально-экономического планирования,
старший научный сотрудник научно-учебной лаборатории экономики природных ресурсов и окружающей среды,
Сибирский федеральный университет (СФУ),
Красноярск, Российская Федерация
ystartseva@sfu-kras.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0973-5073>
SPIN-код: 7496-2818

* Ответственный автор

История статьи:

Получена 05.07.2019
Получена в доработанном
виде 12.08.2019
Одобрена 29.08.2019
Доступна онлайн
15.10.2019

УДК 338.1

JEL: Q52, Q53, Q58

Ключевые слова:

загрязнение атмосферного
воздуха, автомобильный
транспорт, российские
города, социо-эколого-
экономическое
благополучие населения

Аннотация**Предмет.** Проблема загрязнения воздуха в крупных городах России.**Цели.** Обобщение передовых методов борьбы с загрязнением атмосферного воздуха автотранспортом.**Методология.** Использованы логический и системный подходы, методы сравнения; проанализирован опыт зарубежных стран.**Результаты.** Дана общая характеристика проблемы загрязнения атмосферного воздуха в крупных городах России, при этом акцент сделан на автотранспорт, являющийся одним из ключевых источников вредных выбросов. Определены основные социально-экономические эффекты от загрязнения воздуха в мегаполисах. Систематизированы методы борьбы с загрязнением атмосферного воздуха автотранспортом, оценена эффективность каждого из описанных методов. Рассмотрены возможности совершенствования экологических стандартов для автотранспорта, методы снижения спроса на индивидуальные транспортные средства, перспективы модернизации структуры общественного транспорта и снижения антропогенной нагрузки на окружающую среду. Проведена сравнительная оценка эффективности использования данных методов России и за рубежом.**Выводы.** Результаты исследования могут быть использованы при анализе загрязнения атмосферного воздуха автотранспортом и разработке мероприятий по улучшению экологической обстановки.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2019

Для цитирования: Зиязов Д.С., Пыжев А.И., Пыжева Ю.И. Экономические механизмы борьбы с загрязнением атмосферного воздуха крупных российских городов // Региональная экономика: теория и практика. – 2019. – Т. 17, № 10. – С. 1991 – 2008.
<https://doi.org/10.24891/re.17.10.1991>

Введение

Постоянный рост городов ведет к более интенсивному потреблению энергоресурсов и увеличению численности транспортных средств. Эти факторы негативно влияют на состояние окружающей среды, в особенности на качество воздуха. Согласно расчетам Росгидромета, в 44 городах России уровень загрязнения воздуха характеризуется как высокий и очень высокий (индекс загрязнения атмосферы ИЗА-5>7)¹. В этих городах проживает около 14 млн чел., что составляет 12% населения России. При этом наблюдается высокая дифференциация регионов страны по уровню антропогенной нагрузки на территории в силу высокой концентрации промышленных производств в центральной части страны [1]. Некоторые регионы характеризуются крайне высокой долей населения, проживающей в неблагоприятных с точки зрения экологии территориях. Большая часть этих регионов расположена в основных национальных центрах добывающей и обрабатывающей промышленности Сибири и Урала, в которых доля населения, испытывающего воздействие высокого и очень высокого загрязнения воздуха, составляет 42% и 25% соответственно.

В СССР, в условиях плановой экономики, города строились вокруг крупных промышленных предприятий, что предопределило сегодняшнюю неблагоприятную картину концентрации экологически вредных предприятий в непосредственной близости от мест компактного проживания населения. В отличие от России, в ведущих странах Запада размещение экологически вредных производств характеризуется наличием нескольких относительно малых предприятий, расположенных на значительном расстоянии друг от друга. Это позволяет избежать точечной концентрации вредных веществ в

атмосфере, воде и почве. Снижение объемов выбросов от производственных предприятий возможно за счет увеличения природоохранных платежей таким образом, что очистительные мероприятия станут более выгодными по сравнению с платежами за загрязнение окружающей среды [2].

Большая часть крупных российских городов характеризуется высоким уровнем автомобилизации населения. Необходимо отметить, что российские стандарты демократичны как с точки зрения объемов выхлопов вредных веществ, так и с точки зрения требований к качеству используемого топлива, и не соответствуют нормативам развитых стран. Из года в год отмечается увеличение числа автотранспортных средств, поэтому антропогенная нагрузка на окружающую среду растет опережающими темпами. Индустриальные предприятия и автотранспорт являются основными источниками вредных выбросов парниковых газов, твердых частиц и других опасных для человека веществ.

Высокие концентрации вредных примесей в воздушных бассейнах городов негативно сказываются на здоровье населения. Страдают органы дыхания и иммунная система, снижается качество человеческого капитала. По данным Роспотребнадзора, в 2017 г. в целом по России негативным влиянием атмосферного воздуха вызвано 2,8% смертей от респираторных заболеваний и 0,4% смертей от злокачественных новообразований². Отмечается повышенный риск онкологических заболеваний и хронических болезней дыхательных путей в индустриальных районах страны. Таким образом, проблема загрязнения атмосферного воздуха в настоящее время является актуальной.

Правительство России форсирует разработку мероприятий по охране окружающей среды. По данным Росстата, в 2017 г. размер

¹ Исследование выполнено при поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых МК-3319.2019.6.

² Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2017 году». URL: <http://www.mnr.gov.ru/upload/medialibrary/1-152.pdf>

² Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2017 году». URL: <http://15.rosпотребнадзор.ru/documents/10156/384533df-1c98-4f8d-b399-9904979be7fd>

инвестиций на охрану атмосферного воздуха составил 59,8 млрд руб³. В среднем по России декларируется планомерное снижение выбросов в атмосферу, а также снижение рисков заболеваний, ассоциированных с загрязнением воздуха. Однако антропогенное влияние на атмосферу в некоторых регионах России остается выраженным. Согласно экологическому рейтингу стран ЕРІ, составленному Йельским университетом, качество атмосферного воздуха в России значительно хуже по сравнению с развитыми странами⁴. В долгосрочной перспективе рост национальной экономики может негативно повлиять на окружающую среду в России [3]. Решение этой проблемы требует проведения глубоких междисциплинарных исследований эколого-экономического профиля.

В рамках данного исследования рассматриваются отечественные и зарубежные наработки в области охраны атмосферного воздуха. Преимущественно рассматриваются рыночные методы борьбы с выбросами вредных веществ от производств и автотранспорта в крупных индустриальных городах, а также социо-экономические эффекты загрязнения воздуха.

Социо-экономические эффекты загрязнения атмосферного воздуха

Увеличение объемов выбросов вредных веществ от промышленных предприятий и автомобильного транспорта является непосредственным следствием экономического развития городов [4]. Рост экономического благосостояния населения с определенного момента способствует снижению антропогенной нагрузки городской среды на природу посредством увеличения инвестиций, направленных на развитие технологий очистки, а также росту эффективности потребления энергоресурсов и повышению сознательности населения [5]. Низкое качество воздуха может стать

причиной многих негативных социально-экономических процессов [6]. Некоторые из этих эффектов будут рассмотрены далее. Рассматривается опыт стран, схожих с Россией по некоторым особенностям развития экономики.

Наиболее важным следствием загрязнения атмосферного воздуха является снижение социо-эколого-экономического благополучия населения. Например, вследствие негативного влияния плохого качества воздуха на здоровье населения Канпура (Индия), жители города в периоды повышенной концентрации вредных примесей в атмосфере более склонны пропускать работу из-за плохого самочувствия. Кроме того, значительно увеличиваются расходы населения на профилактику и лечение заболеваний, связанных с загрязнением воздуха. Общие издержки населения составляют значительную часть дохода, а экономика города теряет значительную часть финансовых поступлений по причине загрязнения воздуха [7]. В городах с плохим качеством воздуха снижается производительность труда населения в силу повышенного стресса и проблем со здоровьем [8].

В свою очередь, проблемы со здоровьем, вызванные вредными примесями, негативно сказываются на экономике. Повышенная концентрация в городской атмосфере сажи и других твердых частиц негативно сказывается на общем благополучии города. Влияние других выбросов также неблагоприятно, но незначительно [9]. Наблюдается взаимосвязь между повышенным содержанием в воздухе оксида азота и учащением числа самоубийств среди жителей городов [10].

Отмечается, что качество атмосферного воздуха в городах определяет шаблоны миграционного поведения населения. Было проведено исследование в целях анализа взаимосвязи между желанием населения эмигрировать за рубеж, выражающемся в количестве релевантных поисковых запросов в крупных поисковых системах, и качеством городского воздуха. В процессе исследования использовались панельные данные, включающие ежедневные наблюдения

³ Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. Мероприятия, направленные на улучшение качества атмосферного воздуха. URL: <https://gosdoklad-ecology.ru/2017/atmosfernyy-vozdukh/meriy-napravlennoye-na-uluchsheniye-kachestva-atmosfernogo-vozdukha/>

⁴ Environmental Performance Index. Air Quality. URL: <https://epi.envirocenter.yale.edu/2018-epi-report/air-quality>

большинства городов Китая. Было установлено, что плохое качество городского воздуха определяет повышенный интерес населения к эмиграции, а в случае значительного увеличения концентрации в воздухе вредных примесей количество запросов, определяющих миграционный интерес, увеличивается на несколько процентов в течение суток после дня, когда был зафиксирован высокий уровень загрязнения атмосферы [11]. Таким образом, неблагоприятное качество воздуха может стать причиной утечки трудовых ресурсов.

Цены на жилые помещения в городах с более высоким содержанием в атмосфере вредных примесей обычно ниже по сравнению с экологически более благополучными городами. Наибольшее негативное влияние на цены жилой недвижимости оказывает повышенная концентрация твердых частиц [12, 13]. Однако наблюдается положительная зависимость между ценами на жилье и содержанием в городском воздухе углекислого газа при прочих равных условиях [14]. Повышенная концентрация в городском воздухе твердых частиц (пыли и сажи) может стать причиной преждевременного износа зданий и сооружений.

В ходе исследования химического взаимодействия твердых частиц, содержащихся в атмосфере, и материалов, созданных человеком, было показано, что высокая концентрация в воздухе пыли и сажи негативно сказывается на долговечности многих материалов: отмечаются повышенная вероятность коррозии металлов, преждевременное выцветание и разрушение лакокрасочных покрытий, разрушение древесины, замутнение стекла, разрушение полимеров и пластмасс. Это является причиной сокращения срока службы сооружений инфраструктуры, ухудшения внешнего вида зданий и других объектов городской среды. Пыль и сажа опасны для исторических памятников и объектов культурного наследия [15].

Таким образом, плохое качество воздуха, помимо очевидного ухудшения состояния атмосферы, приводит к множеству негативных

социально-экономических эффектов. Далее будут рассмотрены некоторые экономические механизмы, направленные на нивелирование негативного антропогенного воздействия на атмосферу со стороны автотранспорта.

Автотранспорт как источник загрязнения

В развитых странах автомобильные двигатели считаются главным источником вредных выбросов⁵, поэтому правительства стран Запада форсируют разработку программ по ограничению использования частных автомобилей и снижению экологической нагрузки от сжигания моторного топлива. Этот эффект достигается за счет внедрения современных экологических стандартов по выбросам и качеству топлива, например Евро-6 (Euro-6), а также через ограничение спроса населения на использование частных автомобилей посредством механизмов налогообложения и квотирования. В целях снижения выбросов общественного транспорта все шире внедряются автомобили на экологически нейтральных источниках энергии. В западных странах более распространены автомобили на электрической тяге. В развивающихся странах Азии и Ближнего Востока наблюдается тенденция ко внедрению автомобилей на газовой тяге.

По данным Росстата, выбросы вредных веществ от автотранспорта составляют около 40% всех выбросов в масштабах страны⁶. В работе [16] рассматривается структура выбросов в разрезе регионов России. Наблюдается дифференциация регионов России по источникам выбросов. Так, в регионах Сибири и Урала значительно преобладают выбросы от промышленных производств; регионы Европейской части России в большей мере страдают от автомобильных выбросов, чем от

⁵ Miller J.D., Facanha C. A State of Clean Transport Policy: A 2014 Synthesis of Vehicle and Fuel Policy Developments. Washington, International Council on Clean Transport, 2014. URL: https://theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_StateOfCleanTransportPolicy_2014.pdf

⁶ Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. Выбросы загрязняющих веществ. URL: <https://gosdoklad-ecology.ru/2017/atmosfernyy-vozdukh/vybrosy-zagryaznyayushchikh-veshchestv/>

промышленных. В данных регионах наблюдаются рекордные показатели по выбросам вредных веществ от передвижных источников.

Российский рынок автомобилей был одним из быстрорастущих вплоть до 2017 г. Низкая автомобилизация в начале 2000-х гг. и рост благосостояния населения определили высокие темпы роста количества автотранспортных средств. В последние годы темпы роста наличного состава автомобилей в России снизился, однако автомобильный рынок страны остается одним из самых крупных в Европе (рис. 1). При этом большинство автомобилей характеризуются низкими показателями экологичности и эффективности потребления топлива [17].

В России, как и в других странах, усиливается борьба с вредными выбросами от автотранспорта. Наблюдается увеличение числа экологически нейтральных автомобилей, однако их доля в общей структуре автотранспорта остается небольшой. Процесс экологизации общественного автотранспорта наблюдается лишь в нескольких крупных городах. Увеличение доли автомобилей на газовой и электрической тяге – необходимая мера по улучшению качества окружающей среды городов. Также в России применяются экологические стандарты для автомобилей, однако их нарушение обычно не ведет к серьезным последствиям. Методы налогообложения и квотирования выбросов от автотранспорта в России не применяются.

Экологическая стандартизация

Наиболее эффективной мерой по снижению объемов автомобильных выбросов является внедрение экологических стандартов для топлива и выхлопов автотранспорта. В развитых странах такие стандарты регламентируют использование высококачественного топлива и наиболее экологичных двигателей машин. Наблюдается тенденция по дискредитации машин с бензиновыми и дизельными двигателями: эксплуатация традиционных двигателей внутреннего сгорания становится невыгодной

по мере ужесточения экологических стандартов и прогрессирующего налогообложения. Конечного потребителя стимулируют к использованию гибридных и электрических автомобилей. В России в настоящее время действует стандарт Евро-5, несколько отличающийся от передовых нормативов развитых стран. Принятие этого стандарта сыграло большую роль в снижении выбросов от автотранспортных средств.

Однако наличный состав автотранспорта в России характеризуется низкой экологичностью в силу большого количества старых автомобилей. По данным агентства Автостат, средний возраст легковых автомобилей в России в 2018 г. превысил 13 лет⁷. Несмотря на введение стандарта, многие производители бензинового и дизельного топлива не соблюдают технологию производства, и в продажу поступает низкокачественное топливо [18].

Наиболее показательным в плане внедрения экологических стандартов является опыт Китая. Правительство этой страны в начале XXI в. развернуло масштабную кампанию по снижению выбросов от автомобильного транспорта. Были разработаны механизмы по экологическому контролю автотранспорта, соответствующие стандартам развитых стран, приняты жесткие меры по выведению из эксплуатации или модернизации старых автомобилей, не соответствующих новой экологической политике. Эти меры включали высокие штрафы и налоги за эксплуатацию низкоэкологичных машин [19]. В Китае отмечено снижение автомобильных выбросов по ключевым химическим соединениям, несмотря на увеличение числа автомобилей. Государственная программа Китая по внедрению экологических нормативов привела к сокращению эмиссии вредных веществ от автотранспорта на 50% в среднем по видам выбросов [20].

В свою очередь, в России, несмотря на внедрение стандарта Евро-5, экологическая политика в отношении автотранспорта остается компромиссной: штрафы за

⁷ Средний возраст легковых автомобилей в России превысил 13 лет. URL: <https://www.autostat.ru/news/34396/m>

несоответствие транспортного средства нормативу составляют 500 руб.; автомобили, выведенные из эксплуатации, не уничтожаются, а поступают в распоряжение новых владельцев. Возраст 47% машин в России превышает 10 лет, что играет негативную роль в контексте загрязнения воздуха автотранспортом [21]. Необходимо постепенно внедрять современные экологические стандарты для автомобилей и топлива, а также ужесточать механизмы принуждения к их соблюдению.

Фискальные меры и индивидуальный автотранспорт

Как показывает опыт развитых стран, одним из наиболее эффективных методов по увеличению спроса на энергоэффективные и экологически нейтральные автомобили является создание системы налогообложения автолюбителей с учетом вреда экономике, который наносится в результате загрязнения окружающей среды при эксплуатации того или иного транспортного средства. В России транспортный налог исчисляется на основе мощности двигателя, что является устаревшим подходом, не позволяющим учитывать потребление топлива, объем и качество выхлопных газов, а также массу автомобиля, определяющую вред, наносимый дорожному покрытию. Транспортный налог является региональным, поэтому местные власти вправе устанавливать повышенные ставки налога для автомобилей с низким экологическим классом или, напротив, снижать их для экологически менее опасных автомобилей, однако ни в одном регионе России не было прецедентов внедрения такой дифференциации.

Например, в Израиле существует система экологической маркировки автомобилей. Все машины разделяются на 15 групп в соответствии с показателями выхлопов и потребления топлива. При покупке автомобиль определяется в одну из экологических групп; каждой группе соответствует налоговая ставка от 10% до 92% от стоимости машины. Самый низкий тариф уплачивается при покупке электромобилей,

а самый высокий – старых неэкологичных автомобилей.

В США транспортный налог включен в стоимость топлива и фактически является акцизом. Тариф составляет 15% от стоимости топлива. Так как зависимость между объемом потребления топлива и эмиссией вредных веществ положительная, то содержание менее экологичных автомобилей обходится потребителю дороже. Владельцы электромобилей освобождены от уплаты акциза. В Китае действует аналогичный сбор (около 20% от стоимости топлива), однако дополнительный налог также уплачивается при покупке автомобиля. Собранные таким образом средства (как в Китае, так и в США) идут на развитие дорожной отрасли.

В Японии покупка автомобиля разрешается только при условии владения автолюбителем парковочным местом. При покупке автомобиля уплачивается сбор в размере 5% от стоимости машины. При постановке на учет и в последующем ежегодно уплачивается налог, исчисляемый в соответствии с объемом и массой двигателя. Собственникам электромобилей и гибридов налог начисляется на льготном основании. В отличие от многих стран, в Японии средства, полученные от транспортного налога, направляются на развитие автомобильной промышленности.

Исходя из приведенных примеров, можно выделить ключевой принцип системы налогообложения автолюбителей в странах с передовым экологическим законодательством – владельцы менее экологичных автомобилей платят больше. Напротив, автолюбителям, отдавшим предпочтение машинам с экологически нейтральными двигателями, предоставляются льготы вплоть до полного освобождения от налогового бремени. Такой подход позволяет снизить спрос автолюбителей на машины с низкими показателями экологичности через увеличение начальной стоимости и эксплуатационных издержек автомобиля. Возможно также увеличение субсидирования производителей электромобилей и гибридов в целях снижения их цены.

Самоорганизация населения также может сыграть положительную роль в борьбе с выбросами индивидуальных автомобилей, однако вмешательство государства все-таки необходимо. В Китае было проведено исследование с целью определить взаимосвязь между качеством воздуха в городах страны и выбором населения относительно покупки автомобилей с позиции их экологичности. Выяснилось, что в среднем в городах, страдающих от загрязнения атмосферного воздуха, люди склонны покупать автомобили с более экономным расходом топлива и высокими показателями экологичности. Отмечается, что в городах с хорошим качеством воздуха люди не склонны покупать экологичные автомобили, так как проблема загрязнения окружающей среды для этих городов не актуальна.

В городах с наихудшим качеством воздуха население также не склонно к покупке более экологичных автомобилей: покупатели не верят в то, что индивидуальный вклад в снижение эмиссии вредных веществ может оказаться эффективным. Отметим, что более экологичные автомобили чаще всего стоят больше в сравнении с менее экологичными. Так, в городах с высокими показателями благосостояния населения наблюдается линейная отрицательная зависимость между качеством воздуха и долей экологически нейтральных автомобилей [19].

В качестве одной из мер по снижению экологической нагрузки от использования индивидуальных транспортных средств можно рассматривать комплекс образовательных мероприятий, направленных на обучение водителей эффективному использованию моторного топлива. Исследователи из Австралии анализировали потребление топлива среди автолюбителей, часть из которых прошла тренинг – курс обучения базовым принципам экономичного использования топлива, выражающимся в несложных манипуляциях при управлении автомобилем. Оказалось, что в группе водителей, прошедших тренинг, отмечается снижение потребления топлива на 4,9% [22]. Подобные

тренинги можно проводить в рамках курсов в автошколах.

Внедрение экологически нейтрального общественного транспорта

Во многих странах получили распространение автобусы и муниципальные автомобили на газовых двигателях. Отмечается, что ввод в эксплуатацию таких автомашин положительно сказывается на качестве атмосферного воздуха [23]. Эксплуатационные издержки для транспортных средств с газовым двигателем немного ниже из-за меньшей стоимости газа в сравнении с бензином и дизелем [24]. Анализ эффективности внедрения автобусов на газовой тяге в городах Кореи в ходе государственной программы по экологизации автотранспорта показывает, что на сегодняшний день в крупных городах этой страны более 60% автобусов оснащены газовыми двигателями. Программа по замене дизельных муниципальных автобусов на газовые осуществлялась в течение нескольких лет. В рамках исследования авторы оценили взаимосвязь между долей автобусов на газовом двигателе и концентрацией вредных примесей в атмосфере корейских мегаполисов. По результатам исследования было установлено, что внедрение общественного транспорта на газовом двигателе снижает негативное воздействие на качество атмосферного воздуха посредством уменьшения объемов эмиссии сажи и монооксида углерода, являющихся основной причиной респираторных заболеваний. Содержание в воздухе других вредных веществ не уменьшается. Объем эмиссии озона, напротив, увеличивается с ростом доли автобусов и частных автомобилей на газовом двигателе [25]. Концентрация оксида азота в атмосфере, напротив, снижается [26]. Таким образом, внедрение автотранспорта на газовом двигателе положительно сказывается на качестве атмосферного воздуха.

В свою очередь, внедрение автобусов на электрических двигателях (электробусов) также может стать эффективным решением. Помимо экологической нейтральности, электробусы обладают рядом дополнительных преимуществ по сравнению с автобусами на

бензиновом и дизельном двигателях, позволяют более экономно использовать энергоресурсы и требуют существенно меньших эксплуатационных издержек при более продолжительном сроке службы. Несмотря на высокую первоначальную стоимость электробусов, амортизационные затраты и эксплуатационные издержки для них ниже по сравнению с автобусами, работающими на ископаемом топливе. Так, жизненные циклы электробуса и обычного автобуса эквивалентны по стоимости, однако обслуживание электробусов требует создания сети зарядных станций, что подразумевает большие капитальные затраты [27]. Исследователи из Индии провели сравнение электробуса и дизельного автобуса по некоторым экономическим показателям. Оказалось, что ежемесячная прибыль от эксплуатации электробуса в среднем в два раза больше по сравнению с автобусами, работающими на дизеле и бензине [28].

Внедрение на транспортные маршруты электробусов положительно влияет на качество городского воздуха: отмечается значительное снижение концентрации в атмосфере твердых частиц, углекислого газа, оксида азота и других загрязнителей [29–32]. Однако некоторые исследователи полагают, что внедрение электробусов может терять в эффективности из-за некоторых особенностей городской системы энергоснабжения и технологических характеристик каждой отдельной марки электробусов. Несмотря на отсутствие выбросов от самих электробусов, их жизненный цикл также сопровождается негативным влиянием на качество городского воздуха. При производстве батарей осуществляется эмиссия вредных веществ. Более того, при внедрении электробусов увеличивается потребление электричества, что приводит к увеличению вредных выбросов от ТЭЦ. Исследователи приходят к выводу, что в некоторых случаях более эффективным решением муниципальных властей может стать внедрение автобусов, работающих на биотопливе [33].

Исследователи из Китая считают, что при разработке программы электрификации

муниципального парка автобусов необходимо учитывать основной способ получения электроэнергии. Так, если большая доля электричества генерируется при сжигании угля, эффективность внедрения электробусов, как меры по борьбе с загрязнением воздуха, значительно снижается. Также указывается на необходимость использования электробусов, оснащенных батареями с длительным сроком службы, что снижает объем эмиссии вредных веществ при их массовом и долговременном производстве [34].

В качестве источника инвестиций, направленных на приобретение муниципальными властями экологически нейтрального общественного транспорта, можно использовать средства, получаемые от экологических сборов с автолюбителей. Подобная практика распространена в странах Запада. Также возможно переложить часть налогового бремени на все население города посредством увеличения платы за проезд. Был проведен социологический опрос населения крупных городов Китая в целях определить готовность горожан платить за внедрение на городские маршруты более экологичных автобусов. Исследователи оценили некоторые социо-экономические факторы, влияющие на отношение респондентов к повышению транспортных тарифов в случае обновления подвижного состава и внедрения автобусов на газовых и электрических двигателях, и пришли к выводу, что в среднем около 80% опрошенных готовы к повышению тарифов на незначительную сумму, если это поможет улучшить состояние экологии города. Около 20% респондентов были против повышения тарифов. Отмечается, что жители городов с плохой экологией склонны платить больше. Респонденты с более высоким доходом и более молодые респонденты выражают большую готовность платить за улучшение экологии посредством модернизации системы общественного транспорта [35].

Развитие велотранспорта

В настоящее время в странах Европы широкое распространение получил такой вид транспорта, как велосипед. Использование велосипеда для передвижения по городу

является максимально экологичным и удобным способом передвижения в случае наличия подобающей инфраструктуры. В России такой способ передвижения не распространен: принято считать, что в силу климатических условий развитие соответствующей инфраструктуры будет нерентабельным, однако опыт скандинавских стран говорит об обратном. В целях популяризации велотранспорта необходимо создание велодорожек и организация велопроката на территории города. При этом организация сети автодорог должна в полной мере удовлетворять потребностям велосипедистов, а прокат велосипедов должен быть максимально доступным. Опыт европейских стран показывает, что в случае создания удобной системы автодорог население городов активнее использует вместо автомобиля велосипед, что ведет к снижению вредных выбросов от автомобилей.

Исследователи из Стокгольма, изучая транспортные маршруты населения города, пришли к выводу, что если все дееспособные граждане, чей ежедневный маршрут от работы до дома занимает не более получаса на велосипеде, воспользовались бы именно этим видом транспорта, эмиссия вредных веществ в атмосферу города была бы снижена на 7–20% в зависимости от района [36]. Таким образом, развитие автотранспортной инфраструктуры поможет в некоторой степени улучшить качество городского воздуха. Использование данного метода наиболее рационально в европейской части России (в более теплых регионах). Необходимо обособить велодорожки от автомагистрали, так как непосредственное передвижение на велосипеде среди автомашин сопровождается вдыханием вредных выбросов [37, 38].

Специалисты провели опрос населения Пекина, чтобы проанализировать факторы, влияющие на выбор населения в пользу классического и электрического велотранспорта. Выяснилось, что респонденты не склонны пользоваться

автотранспортом при неблагоприятных погодных условиях: когда идет дождь; при температуре воздуха выше 30 градусов Цельсия или ниже нуля. Респонденты с высоким доходом и владельцы личных автомобилей не склонны использовать велосипеды. Таким образом, исследователи пришли к выводу, что развитие велотранспорта в Пекине окажется неэффективной мерой по борьбе с загрязнением воздуха, так как в основном им пользуются люди, передвигающиеся пешком либо на общественном транспорте. Так, развитие автотранспортной инфраструктуры является неоднозначной мерой, требующей более подробного анализа в каждом отдельном случае.

Выводы

Загрязнение атмосферного воздуха в крупных городах представляет большую опасность для населения. Плохое качество воздуха негативно сказывается на здоровье горожан и их трудоспособности. Снижается качество человеческого капитала и ухудшается общий производительный потенциал муниципальной экономической системы. Повышенная концентрация загрязняющих веществ в атмосфере городов приводит к повышенному износу и ускоренному старению некоторых зданий и сооружений.

Были рассмотрены наиболее популярные в мировой практике методы по снижению эмиссии вредных веществ от автотранспорта, включающие административные и экономические инструменты. В настоящее время правительство России предпринимает некоторые меры по улучшению экологической ситуации посредством модернизации парка общественного транспорта и внедрения экологических стандартов. Однако некоторые инструменты, например фискальные, не используются в России, несмотря на широкое распространение за рубежом. Общий перечень административных и экономических механизмов борьбы с выбросами от автотранспорта приведен в *табл. 1*.

Таблица 1**Потенциальные эффекты от внедрения методов борьбы с загрязнением воздуха автотранспортом****Table 1****Potential effects from the introduction of methods to control air pollution caused by motor vehicles**

Метод	Россия	Мировая практика	Рекомендации
Экологические стандарты	На территории России действует стандарт Евро-5, штраф за несоответствие стандартам минимальный	В Европейском союзе с 2016 г. действует стандарт для моторов и топлива Евро-6	Разработать четкий план перехода на более современные стандарты в течение ближайших лет и ужесточить штрафы за несоответствие стандартам
Фискальные меры	В России экологические характеристики машин не учитываются при налогообложении владельцев автомобилей	В Израиле существует четкая экологическая классификация автомобилей по экологическим классам. Каждой группе автомобилей соответствует ставка транспортного налога, учитывающая негативное влияние автомобиля на окружающую среду	Внедрить «экологический» налог на региональном уровне. Предусмотреть налоговые льготы для менее вредных автомобилей
Внедрение экологически нейтрального общественного транспорта	В среднем по России доля автобусов на газовых двигателях составляет 8,9%, а электробусов – 0,03%	В крупных мегаполисах Китая около 90% автобусов работают за счет сжигания газа, что уменьшает объем выбросов	Следует обеспечить постепенное обновление подвижного состава общественного транспорта, отдавая предпочтение автобусам с более экологичными двигателями
Развитие альтернативных видов транспорта	В крупных городах постепенно развивается велотранспорт	В странах Европы развита велотранспортная инфраструктура, распространен прокат велосипедов и электробайков	В регионах с теплым климатом возможно создание веломаршрутов

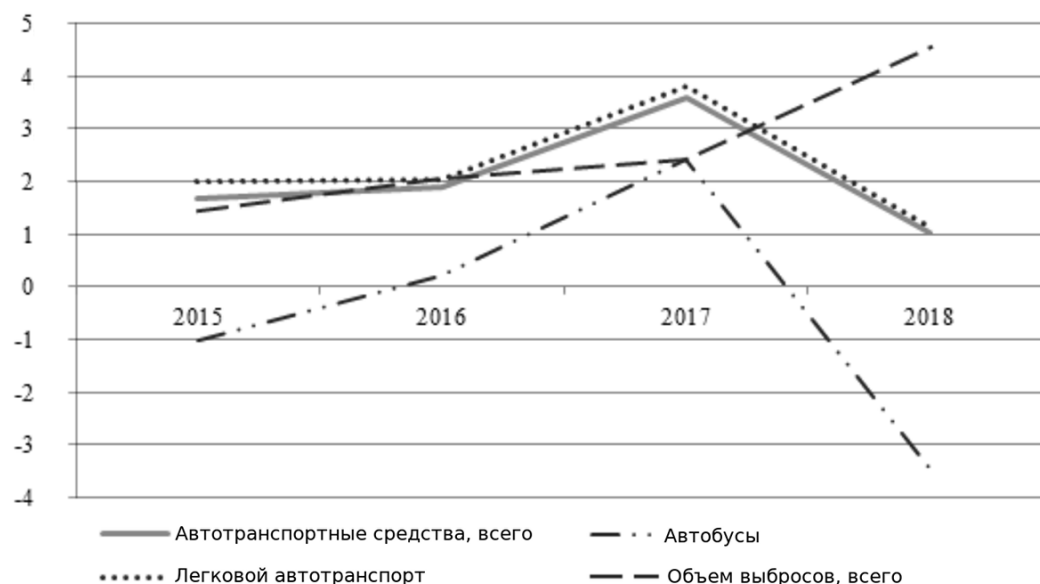
Источник: составлено автором*Source:* Authoring

Рисунок 1

Темпы роста численности автотранспорта и связанных с ним вредных выбросов, %. Россия, 2015–2018 гг.

Figure 1

The growth rate of the number of vehicles and related harmful emissions in Russia in 2015 through 2018, percent point



Примечание. За точку отсчета приняты показатели по автобусам за 2016 г.

Источник: Росстат

Source: The Rosstat data

Список литературы

1. Глазырина И.П., Забелина И.А., Клевакина Е.А. Уровень экономического развития и распределение экологической нагрузки между регионами РФ // Журнал новой экономической ассоциации. 2010. № 7. С. 70–88.
URL: <http://www.econorus.org/repec/journal/2010-7-70-88r.pdf>
2. Рюмина Е.В. Почему предприятия не хотят и не могут охранять окружающую среду: количественный анализ // Экономическая наука современной России. 2009. № 3. С. 66–74.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/pochemu-predpriyatiya-ne-hotyat-i-ne-mogut-ohranyat-okruzhayushuyu-sredu-kolichestvennyy-analiz>
3. Тагаева Т.О., Гильмундинов В.М., Казанцева Л.К. Экологическая ситуация и природоохранная политика в регионах России // Экономика региона. 2016. Т. 12. № 1. С. 78–92. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/ekologicheskaya-situatsiya-i-prirodoohrannaya-politika-v-regionah-rossii>
4. Zhao D., Sing T.F. Air Pollution, Economic Spillovers, and Urban Growth in China. *The Annals of Regional Science*, 2017, vol. 58, iss. 2, pp. 321–340.
URL: <https://doi.org/10.1007/s00168-016-0783-4>
5. Stern D.I., Zha D. Economic Growth and Particulate Pollution Concentrations in China. *Environmental Economics and Policy Studies*, 2016, vol. 18, iss. 3, pp. 327–338.
URL: <https://doi.org/10.1007/s10018-016-0148-3>

6. Hallegatte S., Henriet F., Corfee-Morlot J. The Economics of Climate Change Impacts and Policy Benefits at City Scale: A Conceptual Framework. *Climatic Change*, 2011, vol. 104, iss.1, pp. 51–87. URL: <https://doi.org/10.1007/s10584-010-9976-5>
7. Gupta U. Valuation of Urban Air Pollution: A Case Study of Kanpur City in India. *Environmental and Resource Economics*, 2008, vol. 41, iss. 3, pp. 315–326. URL: <https://doi.org/10.1007/s10640-008-9193-0>
8. Qu T., Zhang Y., Liu R., Dong M. Social Effect of Environmental Pollution on Valley-Cities in Western China. *Chinese Geographical Science*, 2009, vol. 19, iss. 1, pp. 8–16. URL: <https://doi.org/10.1007/s11769-009-0008-1>
9. Li L., Lei Y., Pan D. et al. Economic Evaluation of the Air Pollution Effect on Public Health in China's 74 Cities. *SpringerPlus*, 2016, vol. 5, iss. 1, p. 402. URL: <https://doi.org/10.1186/s40064-016-2024-9>
10. Lee H., Myung W., Kim S.E. et al. Ambient Air Pollution and Completed Suicide in 26 South Korean Cities: Effect Modification by Demographic and Socioeconomic Factors. *Science of the Total Environment*, 2018, vol. 639, pp. 944–951. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.210>
11. Qin Y., Zhu H. Run Away? Air Pollution and Emigration Interests in China. *Journal of Population Economics*, 2018, vol. 31, iss. 1, pp. 235–266. URL: <https://doi.org/10.1007/s00148-017-0653-0>
12. Zheng S., Cao J., Kahn M.E., Sun C. Real Estate Valuation and Cross-Boundary Air Pollution Externalities: Evidence from Chinese Cities. *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, 2014, vol. 48, iss. 3, pp. 398–414. URL: <https://doi.org/10.1007/s11146-013-9405-4>
13. Smith V.K., Huang J.C. Hedonic Models and Air Pollution: Twenty-Five Years and Counting. *Environmental and Resource Economics*, 1993, vol. 3, iss. 4, pp. 381–394. URL: <https://doi.org/10.1007/BF00418818>
14. Hao Y., Zheng S. Would Environmental Pollution Affect Home Prices? An Empirical Study Based on China's Key Cities. *Environmental Science and Pollution Research*, 2017, vol. 24, iss. 31, pp. 24545–24561. URL: <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0073-4>
15. Al-Thani H., Koç M., Isaifan R.J. A Review on the Direct Effect of Particulate Atmospheric Pollution on Materials and Its Mitigation for Sustainable Cities and Societies. *Environmental Science and Pollution Research*, 2018, vol. 25, iss. 28, pp. 27839–27857. URL: <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2952-8>
16. Пыжсева Ю.И., Пыжсев А.И., Зандер Е.В. Перспективы решения проблемы загрязнения атмосферного воздуха регионов России // Экономический анализ: теория и практика. 2019. Т. 18. Вып. 3. С. 496–513. URL: <https://doi.org/10.24891/ea.18.3.496>
17. Гордеев Р.В., Пыжсев А.И. Российское автомобилестроение: результаты, тенденции и перспективы // Экономический анализ: теория и практика. 2014. Т. 13. Вып. 48. С. 26–37. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/rossiyskoe-avtomobilestroenie-rezultaty-tendentsii-i-perspektivy>
18. Kholod N., Evans M. Reducing Black Carbon Emissions from Diesel Vehicles in Russia: An Assessment and Policy Recommendations. *Environmental Science & Policy*, 2016, vol. 56, pp. 1–8. URL: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.10.017>

19. Wu Y., Zhang S., Hao J. et al. On-Road Vehicle Emissions and Their Control in China: A Review and Outlook. *Science of The Total Environment*, 2017, vol. 574, pp. 332–349. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.040>
20. Wu X., Wu Y., Zhang S. et al. Assessment of Vehicle Emission Programs in China During 1998–2013: Achievement, Challenges and Implications. *Environmental Pollution*, 2016, vol. 214, pp. 556–567. URL: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.04.042>
21. Журавлева Т.А., Павлов К.В. Транспортный налог и проблемы экологии: взаимоотношенность // Финансовая жизнь. 2017. № 2. С. 8–11. URL: <http://www.flife-online.ru/upload/iblock/373/373f22dac1040ae311ad9c926434c691.pdf>
22. Li J., Moul C.C., Zhang W. Hoping Grey Goes Green: Air Pollution's Impact on Consumer Automobile Choices. *Marketing Letters*, 2017, vol. 18, iss. 2, pp. 267–279. URL: <https://doi.org/10.1007/s11002-016-9405-2>
23. Jeffreys I., Graves G., Roth M. Evaluation of Eco-Driving Training for Vehicle Fuel Use and Emission Reduction: A Case Study in Australia. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2018, vol. 60, pp. 85–91. URL: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2015.12.017>
24. Khan M.I., Yasmin T., Shakoar A. International Experience with Compressed Natural Gas (CNG) as Environmental Friendly Fuel. *Energy Systems*, 2015, vol. 6, iss. 4, pp. 507–531. URL: <https://doi.org/10.1007/s12667-015-0152-x>
25. Nadaletti W.C., Cremonese P.A., de Souza S.N.M. et al. Potential Use of Landfill Biogas in Urban Bus Fleet in the Brazilian States: A Review. *Renewable Sustainable Energy Review*, 2015, vol. 41, pp. 277–283. URL: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.08.052>
26. Park S.-A., Tak H. The Environmental Effects of the CNG Bus Program on Metropolitan Air Quality in Korea. *The Annals of Regional Science*, 2012, vol. 49, iss. 1, pp. 261–287. URL: <https://doi.org/10.1007/s00168-011-0439-3>
27. Nanaki E.A., Koroneos C.J., Roset J. et al. Environmental Assessment of 9 European Public Bus Transportation Systems. *Sustainable Cities and Society*, 2017, vol. 28, pp. 42–52. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2016.08.025>
28. Algin V.B. Electrification of Urban Transport. Basic Stages in Creating Electric Buses Fleet // Механика машин, механизмов и материалов. 2018. № 3. С. 5–17.
29. Adheesh S.R., Vasisht S.M., Ramasesha S.K. Air-Pollution and Economics: Diesel Bus versus Electric Bus. *Current Science*, 2016, vol. 110, no. 5, pp. 858–862. URL: https://mafiadoc.com/air-pollution-and-economics-diesel-bus-versus-current-science_59a0b5c11723dd0c4031f366.html
30. He X., Zhang S., Ke W. et al. Energy Consumption and Well-to-Wheels Air Pollutant Emissions of Battery Electric Buses under Complex Operating Conditions and Implications on Fleet Electrification. *Journal of Cleaner Production*, 2018, vol. 171, pp. 714–722. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.017>
31. Majumdar D., Majhi B.K., Dutta A. et al. Study on Possible Economic and Environmental Impacts of Electric Vehicle Infrastructure in Public Road Transport in Kolkata. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 2015, vol. 17, iss. 4, pp. 1093–1101. URL: <https://doi.org/10.1007/s10098-014-0868-7>

32. Ma Y., Ke R.-Y., Han R., Tang B.-J. The Analysis of the Battery Electric Vehicle's Potentiality of Environmental Effect: A Case Study of Beijing from 2016 to 2020. *Journal of Cleaner Production*, 2017, vol. 145, pp. 395–406. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.131>
33. Xylia M., Leduc S., Laurent A.-B. et al. Impact of Bus Electrification on Carbon Emissions: The Case of Stockholm. *Journal of Cleaner Production*, 2019, vol. 209, pp. 74–87. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.085>
34. Shi X., Wang X., Yang J., Sun Z. Electric Vehicle Transformation in Beijing and the Comparative Eco-Environmental Impacts: A Case Study of Electric and Gasoline Powered Taxis. *Journal of Cleaner Production*, 2016, vol. 137, pp. 449–460. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.096>
35. Lin B., Tan R. Are People Willing to Pay More for New Energy Bus Fares? *Energy*, 2017, vol. 130, pp. 365–372. URL: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.04.153>
36. Johansson C., Lövenheim B., Schantz P. et al. Impacts on Air Pollution and Health by Changing Commuting from Car to Bicycle. *Science of the Total Environment*, 2017, vol. 584–585, pp. 55–63. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.145>
37. Hertel O., Hvidberg M., Ketzel M. et al. A Proper Choice of Route Significantly Reduces Air Pollution Exposure—a Study on Bicycle and Bus Trips in Urban Streets. *Science of the Total Environment*, 2008, vol. 389, iss. 1, pp. 58–70. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2007.08.058>
38. Hankey S., Marshall J.D. On-Bicycle Exposure to Particulate Air Pollution: Particle Number, Black Carbon, PM_{2.5}, and Particle Size. *Atmospheric Environment*, 2015, vol. 122, pp. 65–73. URL: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.09.025>

Информация о конфликте интересов

Мы, авторы данной статьи, со всей ответственностью заявляем о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.

ECONOMIC MECHANISMS TO CONTROL AIR POLLUTION: EVIDENCE FROM MAJOR RUSSIAN CITIES

Daniil S. ZIYAZOV ^{a,*}, Anton I. PYZHEV ^b, Yuliya I. PYZHEVA ^c

^a Siberian Federal University (SibFU), Krasnoyarsk, Russian Federation
kael111133@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-7276-1931>

^b Siberian Federal University (SibFU), Krasnoyarsk, Russian Federation
apyzhev@sfu-kras.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7909-3227>

^c Siberian Federal University (SibFU), Krasnoyarsk, Russian Federation
ystartseva@sfu-kras.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0973-5073>

* Corresponding author

Article history:

Received 5 July 2019
Received in revised form
12 August 2019
Accepted 29 August 2019
Available online
15 October 2019

JEL classification: Q52, Q53,
Q58

Keywords: air pollution,
road transport, Russian cities,
socio-ecological and economic
well-being, population

Abstract

Subject This article discusses the problem of air pollution in major Russian cities.

Objectives The article aims to consider and summarize best practices for controlling air pollution caused by vehicles.

Methods For the study, we used the logical and systems approaches, and comparison.

Results The article describes the main socio-economic effects and characterizes the problem of air pollution in major cities of Russia, focusing on motor transport, which is one of the key sources of harmful emissions. It organizes methods to control air pollution and assesses the effectiveness of each of them.

Conclusions The results of the study can be used to analyze air pollution by motor transport and develop measures to improve the environmental situation.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2019

Please cite this article as: Ziyazov D.S., Pyzhev A.I., Pyzheva Yu.I. Economic Mechanisms to Control Air Pollution: Evidence from Major Russian Cities. *Regional Economics: Theory and Practice*, 2019, vol. 17, iss. 10, pp. 1991–2008. <https://doi.org/10.24891/re.17.10.1991>

Acknowledgments

The study was supported by RF Presidential grant № MK-3319.2019.6.

References

1. Glazyrina I.P., Zabelina I.A., Klevakina E.A. [Economic development and environmental impact disparities among Russia's regions]. *Zhurnal novoi ekonomicheskoi assotsiatsii = Journal of the New Economic Association*, 2010, no. 7, pp. 70–88.
URL: <http://www.econorus.org/repec/journal/2010-7-70-88r.pdf> (In Russ.)
2. Ryumina E.V. [Why the enterprises do not want and can not protect environment: the quantitative analysis]. *Ekonomicheskaya nauka sovremennoi Rossii = Economics of Contemporary Russia*, 2009, no. 3, pp. 66–74. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/pochemu-predpriyatiya-ne-hotyat-i-ne-mogut-ohranyat-okruzhayushchuyu-sredu-kolichestvennyy-analiz> (In Russ.)

3. Tagaeva T.O., Gil'mundinov V.M., Kazantseva L.K. [Ecological situation and environmental protection policy in Russian regions]. *Ekonomika regiona = Economy of Region*, 2016, vol. 12, iss. 1, pp. 78–92. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/ekologicheskaya-situatsiya-i-prirodohrannaya-politika-v-regionah-rossii> (In Russ.)
4. Zhao D., Sing T.F. Air Pollution, Economic Spillovers, and Urban Growth in China. *The Annals of Regional Science*, 2017, vol. 58, iss. 2, pp. 321–340. URL: <https://doi.org/10.1007/s00168-016-0783-4>
5. Stern D.I., Zha D. Economic Growth and Particulate Pollution Concentrations in China. *Environmental Economics and Policy Studies*, 2016, vol. 18, iss. 3, pp. 327–338. URL: <https://doi.org/10.1007/s10018-016-0148-3>
6. Hallegatte S., Henriet F., Corfee-Morlot J. The Economics of Climate Change Impacts and Policy Benefits at City Scale: A Conceptual Framework. *Climatic Change*, 2011, vol. 104, iss.1, pp. 51–87. URL: <https://doi.org/10.1007/s10584-010-9976-5>
7. Gupta U. Valuation of Urban Air Pollution: A Case Study of Kanpur City in India. *Environmental and Resource Economics*, 2008, vol. 41, iss. 3, pp. 315–326. URL: <https://doi.org/10.1007/s10640-008-9193-0>
8. Qu T., Zhang Y., Liu R., Dong M. Social Effect of Environmental Pollution on Valley-Cities in Western China. *Chinese Geographical Science*, 2009, vol. 19, iss. 1, pp. 8–16. URL: <https://doi.org/10.1007/s11769-009-0008-1>
9. Li L., Lei Y., Pan D. et al. Economic Evaluation of the Air Pollution Effect on Public Health in China's 74 Cities. *SpringerPlus*, 2016, vol. 5, iss. 1, p. 402. URL: <https://doi.org/10.1186/s40064-016-2024-9>
10. Lee H., Myung W., Kim S.E. et al. Ambient Air Pollution and Completed Suicide in 26 South Korean Cities: Effect Modification by Demographic and Socioeconomic Factors. *Science of the Total Environment*, 2018, vol. 639, pp. 944–951. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.210>
11. Qin Y., Zhu H. Run Away? Air Pollution and Emigration Interests in China. *Journal of Population Economics*, 2018, vol. 31, iss. 1, pp. 235–266. URL: <https://doi.org/10.1007/s00148-017-0653-0>
12. Zheng S., Cao J., Kahn M.E., Sun C. Real Estate Valuation and Cross-Boundary Air Pollution Externalities: Evidence from Chinese Cities. *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, 2014, vol. 48, iss. 3, pp. 398–414. URL: <https://doi.org/10.1007/s11146-013-9405-4>
13. Smith V.K., Huang J.C. Hedonic Models and Air Pollution: Twenty-Five Years and Counting. *Environmental and Resource Economics*, 1993, vol. 3, iss. 4, pp. 381–394. URL: <https://doi.org/10.1007/BF00418818>
14. Hao Y., Zheng S. Would Environmental Pollution Affect Home Prices? An Empirical Study Based on China's Key Cities. *Environmental Science and Pollution Research*, 2017, vol. 24, iss. 31, pp. 24545–24561. URL: <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0073-4>
15. Al-Thani H., Koç M., Isaifan R.J. A Review on the Direct Effect of Particulate Atmospheric Pollution on Materials and Its Mitigation for Sustainable Cities and Societies. *Environmental Science and Pollution Research*, 2018, vol. 25, iss. 28, pp. 27839–27857. URL: <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2952-8>

16. Pyzheva Yu.I., Pyzhev A.I., Zander E.V. [Solving the problem of atmospheric air pollution in Russian regions]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika = Economic Analysis: Theory and Practice*, 2019, vol. 18, iss. 3, pp. 496–513. (In Russ.) URL: <https://doi.org/10.24891/ea.18.3.496>
17. Gordeev R.V., Pyzhev A.I. [The Russian car industry: results, trends and prospects]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika = Economic Analysis: Theory and Practice*, 2014, vol. 13, iss. 48, pp. 26–37. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/rossiyskoe-avtomobilstroenie-rezultaty-tendentsii-i-perspektivy> (In Russ.)
18. Kholod N., Evans M. Reducing Black Carbon Emissions from Diesel Vehicles in Russia: An Assessment and Policy Recommendations. *Environmental Science & Policy*, 2016, vol. 56, pp. 1–8. URL: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.10.017>
19. Wu Y., Zhang S., Hao J. et al. On-Road Vehicle Emissions and Their Control in China: A Review and Outlook. *Science of the Total Environment*, 2017, vol. 574, pp. 332–349. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.040>
20. Wu X., Wu Y., Zhang S. et al. Assessment of Vehicle Emission Programs in China During 1998–2013: Achievement, Challenges and Implications. *Environmental Pollution*, 2016, vol. 214, pp. 556–567. URL: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.04.042>
21. Zhuravleva T.A., Pavlov K.V. [Transport tax and environmental problems: interconditionality]. *Finansovaya zhizn' = Financial Life*, 2017, no. 2, pp. 8–11. URL: <http://www.flife-online.ru/upload/iblock/373/373f22dac1040ae311ad9c926434c691.pdf> (In Russ.)
22. Li J., Moul C.C., Zhang W. Hoping Grey Goes Green: Air Pollution's Impact on Consumer Automobile Choices. *Marketing Letters*, 2017, vol. 18, iss. 2, pp. 267–279. URL: <https://doi.org/10.1007/s11002-016-9405-2>
23. Jeffreys I., Graves G., Roth M. Evaluation of Eco-Driving Training for Vehicle Fuel Use and Emission Reduction: A Case Study in Australia. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2018, vol. 60, pp. 85–91. URL: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2015.12.017>
24. Khan M.I., Yasmin T., Shakoor A. International Experience with Compressed Natural Gas (CNG) as Environmental Friendly Fuel. *Energy Systems*, 2015, vol. 6, iss. 4, pp. 507–531. URL: <https://doi.org/10.1007/s12667-015-0152-x>
25. Nadaletti W.C., Cremonese P.A., de Souza S.N.M. et al. Potential Use of Landfill Biogas in Urban Bus Fleet in the Brazilian States: A Review. *Renewable Sustainable Energy Review*, 2015, vol. 41, pp. 277–283. URL: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.08.052>
26. Park S.-A., Tak H. The Environmental Effects of the CNG Bus Program on Metropolitan Air Quality in Korea. *The Annals of Regional Science*, 2012, vol. 49, iss. 1, pp. 261–287. URL: <https://doi.org/10.1007/s00168-011-0439-3>
27. Nanaki E.A., Koroneos C.J., Roset J. et al. Environmental Assessment of 9 European Public Bus Transportation Systems. *Sustainable Cities and Society*, 2017, vol. 28, pp. 42–52. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2016.08.025>
28. Algin V.B. Electrification of Urban Transport. Basic Stages in Creating Electric Buses Fleet. *Mekhanika mashin, mekhanizmov i materialov = Mechanics of Machines, Mechanisms and Materials*, 2018, no. 3, pp. 5–17.

29. Adheesh S.R., Vasisht S.M., Ramasesha S.K. Air-Pollution and Economics: Diesel Bus versus Electric Bus. *Current Science*, 2016, vol. 110, no. 5, pp. 858–862. URL: https://mafiadoc.com/air-pollution-and-economics-diesel-bus-versus-current-science_59a0b5c11723dd0c4031f366.html
30. He X., Zhang S., Ke W. et al. Energy Consumption and Well-to-Wheels Air Pollutant Emissions of Battery Electric Buses under Complex Operating Conditions and Implications on Fleet Electrification. *Journal of Cleaner Production*, 2018, vol. 171, pp. 714–722. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.017>
31. Majumdar D., Majhi B.K., Dutta A. et al. Study on Possible Economic and Environmental Impacts of Electric Vehicle Infrastructure in Public Road Transport in Kolkata. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 2015, vol. 17, iss. 4, pp. 1093–1101. URL: <https://doi.org/10.1007/s10098-014-0868-7>
32. Ma Y., Ke R.-Y., Han R., Tang B.-J. The Analysis of the Battery Electric Vehicle's Potentiality of Environmental Effect: A Case Study of Beijing from 2016 to 2020. *Journal of Cleaner Production*, 2017, vol. 145, pp. 395–406. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.131>
33. Xylia M., Leduc S., Laurent A.-B. et al. Impact of Bus Electrification on Carbon Emissions: The Case of Stockholm. *Journal of Cleaner Production*, 2019, vol. 209, pp. 74–87. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.085>
34. Shi X., Wang X., Yang J., Sun Z. Electric Vehicle Transformation in Beijing and the Comparative Eco-Environmental Impacts: A Case Study of Electric and Gasoline Powered Taxis. *Journal of Cleaner Production*, 2016, vol. 137, pp. 449–460. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.096>
35. Lin B., Tan R. Are People Willing to Pay More for New Energy Bus Fares? *Energy*, 2017, vol. 130, pp. 365–372. URL: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.04.153>
36. Johansson C., Lövenheim B., Schantz P. et al. Impacts on Air Pollution and Health by Changing Commuting from Car to Bicycle. *Science of the Total Environment*, 2017, vol. 584–585, pp. 55–63. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.145>
37. Hertel O., Hvidberg M., Ketzel M. et al. A Proper Choice of Route Significantly Reduces Air Pollution Exposure – A Study on Bicycle and Bus Trips in Urban Streets. *Science of the Total Environment*, 2008, vol. 389, iss. 1, pp. 58–70. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2007.08.058>
38. Hankey S., Marshall J.D. On-Bicycle Exposure to Particulate Air Pollution: Particle Number, Black Carbon, PM_{2.5}, and Particle Size. *Atmospheric Environment*, 2015, vol. 122, pp. 65–73. URL: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.09.025>

Conflict-of-interest notification

We, the authors of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.