

УДК 656.1, 504.054

Исследование инноваций в сфере экологической безопасности транспорта мегаполиса

Анисимова А.И. alina.anisimova.97@mail.ru

Канд. экон. наук Лебедева А.С. hebo@rambler.ru

197101, Россия, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., д. 49
Университет ИТМО

В исследовании рассматриваются инновационные решения в сфере экологической безопасности на транспорте с целью выявления наилучших практик решения экологических проблем в отечественных условиях. Объектом исследования является транспортная система мегаполиса, предметом - экологическая безопасность городского наземного транспорта. В работе анализируются последствия прямого и косвенного воздействия негативного влияния функционирования наземного транспорта на состояние окружающей среды, в том числе животных, растений, почвы, водных экосистем, зданий и сооружений, человека. При этом рассматривается влияние не только компонентов отработавших газов двигателей внутреннего сгорания, но и вибрация, превышение допустимого уровня шума, инфразвук. В целях выявления наилучших практик решения экологических проблем на основе применения инноваций проведен анализ динамики и степени взаимосвязи показателей, характеризующих результативность экологической и инновационной политики стран на основе Индекса экологической эффективности и Глобального индекса инноваций. В ходе исследования выявлена общемировая тенденция ухудшения экологической обстановки, о чем свидетельствует снижение индекса у некоторых стран-лидеров рейтинга. Корреляционный анализ данных показал наличие умеренной прямой связи между Индексом экологической эффективности и Глобальным индексом инноваций. Результаты исследования позволили определить страны, в которых наиболее высокий уровень экологической безопасности в большей степени обусловлен инновационным подходом к решению существующих экологических проблем. К ним относятся Швейцария, Франция, Дания. На основании изучения практик данных стран в сфере обеспечения экологической безопасности транспорта мегаполиса, были выявлены наиболее результативные мероприятия, направленные на минимизацию негативных последствий функционирования наземного городского транспорта на экологию. Выполнена систематизация и группировка инноваций с точки зрения решаемых проблем, инструмента воздействия, степени распространенности, а также проведена экспертная оценка применимости тех или иных решений в отечественных условиях. В результате систематизации, группировки и экспертной оценки были определены наиболее целесообразные к внедрению в отечественных условиях практики: система финансовых льгот, зонирование на основе экологической классификации и развитие системы особого регулирования движения общественного транспорта с использованием интеллектуальных технологий. Кроме того, в отдельных условиях могут быть востребованы такие направления, как создание велосипедных хайвеев и водородная энергетика. Однако в процессе разработки инструментов и стратегических альтернатив в отношении экологической безопасности на транспорте в РФ следует учитывать региональные ограничения, связанные с менталитетом, климатическими условиями, уровнем развитости инфраструктуры, объемом доступных ресурсов.

Ключевые слова: экологическая безопасность, наземный транспорт мегаполиса, инновации, Глобальный индекс инноваций, Индекс экологической эффективности.

DOI: 10.17586/2310-1172-2020-13-3-11-21

Research of innovations in the sphere of environmental safety of megapolis transport

Anisimova A.I. alina.anisimova.97@mail.ru

Ph.D. Lebedeva A.S. hebo@rambler.ru

ITMO University

197101, Russia, St. Petersburg, Kronverksky pr., 49

The study examines innovative solutions in the field of environmental safety in transport in order to identify the best practices for solving environmental problems in domestic conditions. The object of the research is the transport system of the megalopolis, the subject is the environmental safety of urban land transport. The paper analyzes the consequences of the direct and indirect impact of the negative impact of the functioning of land transport on the environment,

including animals, plants, soil, aquatic ecosystems, buildings and structures, and humans. In this case, the influence of not only the components of the exhaust gases of internal combustion engines is considered, but also vibration, excess of the permissible noise level, infrasound. In order to identify the best practices for solving environmental problems based on the application of innovations, an analysis of the dynamics and degree of interconnection of indicators characterizing the effectiveness of environmental and innovation policies of countries was carried out on the basis of the Environmental Efficiency Index and the Global Innovation Index. The study revealed a global trend of deterioration of the environmental situation, as evidenced by a decrease in the index in some countries leading the rating. Correlation analysis of the data showed a moderate direct relationship between the Sustainability Index and the Global Innovation Index. The results of the study made it possible to identify countries in which the highest level of environmental safety is largely due to an innovative approach to solving existing environmental problems. These include Switzerland, France, Denmark. Based on the study of the practices of these countries in the field of ensuring the environmental safety of megalopolis transport, the most effective measures were identified, aimed at minimizing the negative consequences of the functioning of surface urban transport on the environment. The systematization and grouping of innovations was carried out in terms of the problems to be solved, the instrument of influence, the degree of prevalence, as well as an expert assessment of the applicability of certain solutions in domestic conditions. As a result of systematization, grouping and expert assessment, the most appropriate practices for implementation in domestic conditions were identified: a system of financial incentives, zoning based on environmental classification and the development of a system of special regulation of public transport using intelligent technologies. In addition, in some conditions, such areas as the creation of bicycle highways and hydrogen energy may be in demand. However, in the process of developing tools and strategic alternatives with regard to environmental safety in transport in the Russian Federation, one should take into account regional restrictions associated with mentality, climatic conditions, the level of infrastructure development, and the amount of available resources.

Keywords: environmental safety, land transport of the megalopolis, innovation, Global Innovation Index, Environmental Performance Index.

Введение

В Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года одним из приоритетных направлений является снижение негативного воздействия транспорта на окружающую среду и создание условий для повышения качества жизни населения. На сегодняшний день всё активнее увеличивается степень загруженности дорог, а также их расширение и ликвидация придорожной растительности, что приводит к значительному загрязнению области нахождения участников дорожного движения и населения проживающего вблизи автомагистралей. Совокупный объем выбросов загрязняющих атмосферу веществ в 2018 году составил 32,3 млн. т, из которых 53% обусловлено воздействием стационарных источников и 47% — воздействием передвижных источников. Согласно данным Росприроднадзора, Аналитического центра в Санкт-Петербурге отмечается повышение содержания загрязняющих и опасных веществ в атмосферном воздухе от автомобильного транспорта в 2018 году на 3,1 % по сравнению с 2012 годом. При этом целевые значения большинства ключевых показателей стратегий различного уровня не были достигнуты. [1]

Опыт наиболее развитых стран показывает, что экологическая безопасность является одной из наиболее значимых статей расхода бюджета страны. Эти средства расходуются на поддержание стабильной и благоприятной экологической обстановки в стране. Так, например, в Германии происходит стимуляция бизнеса на основе торговли лицензиями на загрязнение. Кроме того, в некоторых странах активно проводится косвенная политика регулирования с помощью налогов.

Данная тема рассматривалась неоднократно на примерах различных городов. Так в работах Князева Д.К., Шукиной Т.В., Тамоновой О.С., Акуловой И.И. проводится оценка загрязнения от автотранспорта на изучаемой территории. [2, 3] Проблема опасных выбросов в атмосферу урбанизированных территорий затрагивается у таких авторов, как Гармонов К.В., Полосин И.И., Плотников А.В., Сазонов Э.В., Пепина Л.А., Созонтова А.Н., Подгорнова Н.А. [4-7] На конференции «Надежность и статистика в сфере транспорта и связи» в Риге в статье об экологических проблемах на транспорте зарубежных учёных из Латвии S. Grishin, O.V. Schiptsov рассматривался опыт стран ЕС и Америки для внедрения инноваций на транспорте по всей стране. [8] В книге польского учёного Aleksander Sladkowski анализируется влияние транспорта на экологию различных регионов страны, а также подходы к решению проблем на основе изучения опыта 7 европейских стран. [9] В статьях «Обеспечение экологии грузоперевозок автомобильным транспортом» Jūratė Liebuviienė и Kristina Čičiūnienė и «Влияние транспорта на экологию большого мегаполиса» Yu.N. Bezborodov, M.A. Kovaleva, A.N. Sokolnikov, V.G. Shram, N.N. Lysyannikova u A.O. Karkashenko проанализировано негативное воздействие транспорта на окружающую среду, а также выдвинуты некоторые предложения в области применения экологических видов топлива. [10-11] В своей статье «Анализ специализации региона в вопросах экологии и транспорта» Ewa Stawiarska рассматривает устойчивое развитие логистической сети, затрагивая вопросы экологической безопасности. [12] Однако большинство работ направлено

на исследование проблемы экологической безопасности в целом, без привязки к конкретной транспортной системе города. В то же время данная проблема является одной из самых острых для отечественных мегаполисов. Так согласно рейтингу городов по уровню загрязнения атмосферы диоксидом углерода в результате деятельности транспорта Челябинск, Екатеринбург, Санкт-Петербург и Москва соответственно занимают 2, 7, 21 и 24 места из 76 городов Европы в 2020 году.[13]

Рост научного интереса к изучению последствий воздействия транспорта на окружающую среду обусловлен острой потребностью в решении экологических проблем современного общества на основе новых, инновационных подходов, так как традиционные подходы не позволяют справиться с нарастающей проблемой загрязнения мегаполисов. При этом не все зарубежные инновационные решения могут быть применены в рамках того или иного отечественного мегаполиса в силу специфики их развития, государственной политики, менталитета граждан, ограниченности ресурсов. Следовательно, на основе анализа наилучших практик необходимо выявить те инновационные решения, которые могут быть применены в отечественных условиях.

Методология исследования

Актуальность данной тематики определяет цель исследования: выявить наиболее перспективные инновационные решения в сфере экологической безопасности транспорта мегаполиса в отечественных условиях. Для достижения поставленной цели предложена следующая методология:

1. Проанализировать влияние наземного транспорта на экологическую безопасность мегаполиса;
2. На основании анализа отечественного и зарубежного опыта выявить наиболее результативные практики по минимизации негативных последствий эксплуатации транспортных средств в отношении окружающей среды;
3. Систематизировать и выявить наиболее перспективные инновации экологического назначения в сфере наземного транспорта мегаполиса;
4. Оценить целесообразность применения инновационных решений экологического назначения в отечественных условиях.

В исследовании анализируются инновационные решения стран-лидеров с точки зрения результативности проведения политики экологической безопасности на транспорте. Отбор стран для анализа проводится на основе анализа, в том числе корреляционного, Индекса экологической эффективности и Глобального индекса инноваций. Кроме того, поставленные задачи предполагают использование таких методов, как общий анализ, систематизация и группировка, экспертная оценка балльным методом.

Влияние транспорта на экологическую безопасность мегаполиса

Согласно ФЗ от 10.01.2002 N 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» экологическая безопасность – это «состояние защищенности природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их последствий».[14] Большинство городов мира отличаются неблагоприятными экологическими условиями для жизни людей по сравнению с сельской местностью. Это вызвано тем, что на компоненты природы в городах оказывается негативное антропогенное воздействие.

Экологическая безопасность является одной из основных аспектов национальной безопасности нашей страны. В неё включаются разработка и применение мер по избежанию и предотвращению экологических кризисов, а также контроль за соблюдением мер по состоянию окружающей среды. Основу экологической безопасности составляют: разумное использование природных ресурсов, своевременное регулирование влияющих на состояние природы действий человека, удержание устойчивых взаимосвязей природы и человека.[15]

В тоже время в условиях интенсивного развития потребностей общества невозможно полностью исключить все факторы, оказывающие негативное воздействие на окружающую среду. Население планеты с каждым годом неумолимо растёт, как растёт и численность населения в городах. Урбанизация - процесс повышения роли городов в развитии общества.[16] Экологический аспект урбанизации состоит в том, что города за счёт концентрированных загрязнений оказывают косвенное и прямое влияние на состояние окружающей среды. Ни одна страна в мире не сможет полноценно функционировать без развитых транспортных систем. Прежде всего, это касается развития и коммуникаций как внутри стран, так и за их пределами. Для полноценной деятельности в мегаполисах людям жизненно необходим транспорт, поэтому его количество с каждым годом увеличивается. Например, в Санкт-Петербурге в период с 2008 по 2018 года количество зарегистрированных автотранспортных средств увеличилось на 438,7 тыс. единиц и составило 1 972 тыс. единиц.[18] По прогнозам к 2035 году мировой автопарк составит 2 млрд. единиц.[18]

Всё это приводит к изменению природных ландшафтов, вредному воздействию на человека, загрязнению атмосферы и ухудшению условий в городах и пригородах. Также со временем начинают превышать санитарно-гигиенические нормативы содержания химических веществ в атмосфере. Из-за выбросов автомобильного

транспорта происходит загрязнение окружающей среды.[19] Выделяемые при работе двигателя вредные вещества отрицательно влияют на здоровье человека.

Кроме прямого влияния на организм человека, есть еще и косвенное влияние через экосистему, которое заключается в загрязнении почв, воды, влиянии на животных, птиц, растения, что серьезно ухудшает экологическую ситуацию. Общая схема негативного влияния наземного транспорта представлена на рис. 1.

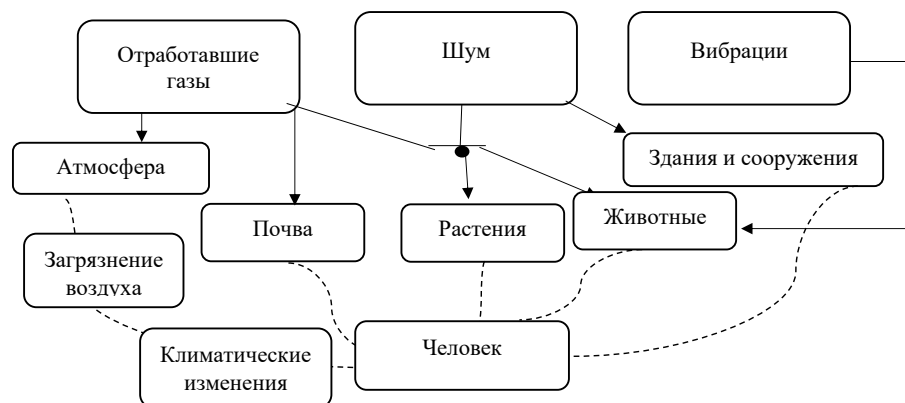


Рис. 1. Влияние наземного транспорта мегаполиса на окружающую среду и человека (— прямое влияние негативных факторов; --- косвенное влияние негативных факторов)

На рис. 1 отражено влияние негативных факторов на окружающую среду, как прямое, так и косвенное. В конечном итоге комплексное негативное влияние наземного транспорта на окружающую среду сводится к воздействию на организм человека.

Сгорание бензина в двигателях внутреннего сгорания (ДВС) сопровождается высвобождением в атмосферу отработавших газов, содержащих более 170 вредных компонентов, таких как оксид углерода, диоксид азота, диоксид серы, альдегиды, соединения свинца и другие. А вместе с ними ещё и производных углеводородов, которые появляются именно благодаря неполному сгоранию топлива в двигателях. Подобные соединения, попадая в большом количестве в атмосферу, являются одними из причин возникновения парникового эффекта. От глобальных изменений в атмосфере страдают флора и фауна планеты. [20]

В результате постоянного загрязнения атмосферного воздуха у человека развиваются определенные реакции на них в форме кратковременных острых недомоганий и хронических заболеваний. Не стоит забывать и о животных, так как они более чувствительны к запахам. Этот факт заставляет их покидать привычные места обитания, либо вынуждает приспособляться. Влияние компонентов отработавших газов ДВС на организм человека и животных представлено табл. 1. [21]

Таблица 1

Вредное воздействие компонентов отработавших газов ДВС

Наименование компонента	Описание/ Воздействие
Оксид углерода «CO»	Бесцветный газ с отсутствием запаха, воздействующий на нервную и сердечно-сосудистую системы человека и животных. Провоцирует удушье.
Диоксид серы «SO2»	Бесцветный газ, имеющий острый запах. Раздражает даже в малых количествах слизистые оболочки глаз, дыхательных путей. Возникает неприятный вкус во рту. Образуется при использовании дизельного топлива, содержит серу.
Диоксид азота «NO2»	Чрезвычайно опасный бесцветный и ядовитый газ, который оказывает негативное влияние на органы дыхания. Приводит к возникновению рвоты, кашля, головных болей. На влажной поверхности слизистой человека приводит к отёку лёгких.

Наименование компонента	Описание/ Воздействие
Углеводороды (пентан, гесан, гептан, октан и др.)	При продолжительном вдыхании паров (около 8 часов) приводит к головным болям, кашлю. Вызывает наркотическое действие.
Соединения свинца	Вызывает нарушения синтеза гемоглобина, приводящие к заболеваниям дыхательных путей, нервной системы, мочеполовых органов. В организм попадает около 50% от количества, которое содержится в воздухе.
Альдегиды	При продолжительном влиянии на организм раздражают слизистые оболочки глаз, дыхательных путей. При концентрированных дозах возникает слабость, потеря аппетита, головная боль, бессонница.
Сажа	В чистом виде токсичность отсутствует. Но на её поверхности оседают другие вредные вещества. Особенно это касается взвешенного состояния в воздухе, тем самым сажа увеличивает степень воздействия вредных веществ на живые организмы.

Растения вдоль проезжей части страдают от частиц дыма, сажи – токсичного смога. Продолжительность жизни таких растений заметно сокращается. При этом вдоль трассы можно часто встретить посадки сельскохозяйственных культур, которые в форме муки, каш и прочих продуктов входят в рацион питания населения. Даже если данные культуры предназначены для домашнего скота, то остаётся проблема опасного потребления такого мяса для человека. Разовая доза вредных веществ не окажет существенного влияния на живой организм, но постоянное потребление приведёт к их накоплению, что может провоцировать болезни и снижение уровня продолжительности жизни населения. [22]

Стоит также обратить внимание на уничтожение мест обитания животных, лесов в результате расширения инфраструктуры для развития транспорта. Нерациональное вмешательство влечёт за собой негативные последствия, которые в конечном итоге также отражаются на всей экосистеме, включая здоровье людей.

Кислотные дожди образуются в результате соединения воды и оксидов серы и азота. При повышении уровня кислотности в водных участках (озёра, пруда, заливы, реки) растения, живущие в них, начинают стремительно погибать. Со смертью растений прерывается пищевой цикл для животных, которые ими питаются и живут в них. При дальнейшем увеличении кислотности погибает планктон, затем рыба, большинство насекомых и лягушек.

Кроме вредных компонентов при сгорании топлива в ДВС, немаловажное негативное влияние оказывают шум. Безусловно, раздражение от шума зависит от индивидуальных особенностей организма, в том числе от возраста. Также от влияния шума страдают животные, растения, здания и сооружения. Слуховые рецепторы животных обычно намного чувствительнее, чем у человека. Болевой порог и время привыкания к шуму соответственно выше.

Дизельный грузовой автомобиль является источником шума в 85 - 89 дБ, бензиновый грузовой автомобиль - 81 - 82 дБ, автобусы - 78-83 дБ, мотоциклы и мопеды - 82 дБ. [23] На магистральных улицах шумовой фон зависит от многих факторов: интенсивность транспортного потока, скорость движения, количество единиц с дизельным двигателем, продольный уклон улиц, состояние покрытия проезжей части, наличие железнодорожных путей. Обычно уровень транспортного шума составляет 70 - 85 дБ на расстоянии 10-25 метров от магистрали. При этом 25% людей, живущих в близлежащих квартирах, чувствуют себя дискомфортно. [24] В первую очередь, шум от автомобильного транспорта нарушает сон, повышается раздражительность, снижаются профессиональные способности на работе – всё это влияет на психологическое и физиологическое состояние человека. Инфразвук занимает особую позицию в списке. Из-за него у человека наблюдается затруднённое глотание и головная боль. Он появляется за счёт работы ДВС большой мощности, реактивных двигателей, турбин и других механизмов, совершающих вращательное движение с числом рабочих циклов около 20 раз в секунду [25]. Вибрации же создаёт в значительной степени метрополитен, трамвай, железнодорожный транспорт. Они вызывают звуковые колебания, приводящие к разрушению зданий и конструкций, стоящих на грунте, подвергнутом вибрации. В результате воздействия вибраций на животных и людей, наблюдается угнетение сознания, возникновение беспричинного страха и потери ориентации в пространстве, панического состояния, неадекватной реакции на происходящее. Совокупность рассмотренных факторов представляют серьёзную опасность для здоровья населения мегаполисов. Снизить или нивелировать данное воздействие способны инновации в сфере экологической безопасности, которые уже применяются в некоторых городах.

Анализ отечественного и зарубежного опыта внедрения инноваций в сфере экологической безопасности транспорта мегаполиса

В целях выявления наилучших практик решения экологических проблем на основе применения инноваций необходимо, прежде всего, определить страны, в которых проводятся наиболее эффективные мероприятия с точки

зрения экологической безопасности. С другой стороны, необходимо выявить, в какой степени обеспечение приемлемого уровня экологической безопасности обусловлено именно инновационными решениями, а не иными факторами. Для этого проведем анализ динамики и степени взаимосвязи показателей, характеризующих результативность экологической и инновационной политики стран на основе Индекса экологической эффективности и Глобального индекса инноваций. Индекс экологической эффективности (ИЭФ) рассчитывается раз в несколько лет посредством исследования 22 показателей по 10 категориям 180 стран мира Центром экологической политики и права при Йельском университете.[26] Глобальный индекс инноваций (ГИИ), результаты которого каждый год публикуют Международная бизнес-школа INSEAD, Корнельский университет и Всемирная организация интеллектуальной собственности, даёт оценку странам на основе их развития, технологичности и инновационности. В табл. 2 представлены значения данных индексов за 2016 и 2018 годы для стран-лидеров рейтинга по ИЭФ за 2018 год.[27]

Таблица 2

Рейтинг стран мира по ИЭФ и их значения ГИИ: 2016г., 2018г

Страна	ИЭФ 2016	ИЭФ 2018	ГИИ 2016	ГИИ 2018
Швейцария	90,7	87,4	83,64	82,34
Франция	90,5	83,9	80,99	80,75
Дания	90,4	81,6	79	81,28
Мальта	88,5	80,9	54,06	54,27
Швеция	90,4	80,5	83,98	84,70
Великобритания	87,4	79,8	81,44	74,54
Люксембург	86,6	79,1	59,2	60,65
Австрия	86,6	78,9	80,46	79,12
Ирландия	86,6	78,7	74,94	77,87
Финляндия	90,7	78,6	83,26	81,46
РФ	83,5	63,7	65,24	66,61

Анализ представленных данных, свидетельствует об общем снижении уровня экологического индекса, а значит, о глобальном ухудшении экологической обстановки. Первое место в рейтинге занимает Швейцария. При этом отмечается лишь незначительный рост индекса Швейцарии за данный период на 0.6 пунктов. Наблюдается также снижение индекса у некоторых стран-лидеров рейтинга. Франция потеряла 4.3 единицы индекса, но вместе с тем, поднялась на вторую строчку в рейтинге. Аналогичная ситуация с Данией, которая занимает 3 место: за два года произошло снижение индекса на 8.8 пунктов. В 2016 году Россия находилась на 32 месте в общем рейтинге стран мира с индексом 83.5, а в 2018 году она опустилась на 52 место. Следовательно, экологическая ситуация в нашей стране стремительно ухудшается. Значения ГИИ как в России, так и в мире имеют незначительный диапазон колебаний за два года, в пределах от 0.21 до 2.28 единиц. Наиболее развитыми и инновационными из анализируемых стран, согласно показателю, являются Швеция, Швейцария и Финляндия. При этом Швейцария является лидером обоих рейтингов. Также высокие значения ГИИ (более 80 единиц) имеют Франция и Дания, которые, соответственно, занимают второе и третье места в рейтинге ИЭФ.

Коэффициент корреляций, отражающий тесноту взаимосвязи данных показателей и рассчитанный ниже с помощью формул 1 и 2, в 2016 году составил 0.531, в 2018 – 0.352, что свидетельствует о наличии умеренной прямой связи между ними. Формула 1 расчета коэффициентов корреляции использовалась следующая:

$$(1) \quad r_{xy} = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 \times \sum(y_i - \bar{y})^2}}$$

Для оперативного расчёта результатов была использована программа *Microsoft Excel* и применена формула 2:

$$(2) \quad r_{xy} = \text{КОРРЕЛ}(\sum(x_i); (\sum(y_i))) \text{ или } r_{xy} = \text{КОРРЕЛ}(\sum(\text{ГИИ}_i); (\sum(\text{ИЭФ}_i))),$$

а именно: $r_{xy(2016)} = \text{КОРРЕЛ}(\sum(83.64, 80.99, \dots, 65.24)); (\sum(90.7, 90.5, 90.4, \dots, 83.5)) = 0.531;$

$r_{xy(2018)} = \text{КОРРЕЛ}(\sum(82.34, 80.75, \dots, 66.61)); (\sum(87.4, 83.9, 81.6, \dots, 63.7)) = 0.352.$

Следовательно, достижение положительного результата в обеспечении экологической безопасности в странах-лидерах рейтинга в определенной мере обусловлено именно инновационным подходом к решению существующих экологических проблем. Рассмотрим, какие именно инновационные решения позволили странам-лидерам данного рейтинга достичь положительных результатов.

В Швейцарии, наравне с ужесточением мер за загрязнение окружающей среды, активно развиваются не бензиновые виды транспорта. Создана развитая железнодорожная сеть. В целях стимулирования перехода на более экологически безопасные виды транспорта были введены такие меры, как повсеместное оснащение зарядными устройствами для электромобилей, особые льготы для пользователей экологически безопасного транспорта.

Франция ввела особый транспортный налог, разделив страну на особые «экологические зоны». Обязательные наклейки на автомобили показывают уровень негативного воздействия транспорта на окружающую среду. Дания имеет самый высокий транспортный налог в Европе. Создание велосипедных хайвеев позволило увеличить число велосипедистов, сократив количество автомобилей личного пользования в отдельных районах. При этом затраты на энергосбережение и обслуживание такой постройки относительно небольшие. К тому же за строительство подобных объектов в Дании предусмотрен возврат части средств. Успешной, как и во многих городах мира, в Копенгагене оказалась и система скоростных автобусных сообщений, которая предусматривает выделенные полосы движения и особый подход к регулированию светофорных объектов. Такой подход обуславливает высокую скорость общественного наземного транспорта и экономию до 20% времени на передвижения. В результате сотрудничества таких компаний, как *Nissan*, *Enel* и *Nuvve* разработаны электромобили, которые при необходимости отдадут городу свою энергию. В РФ значительная часть инноваций касается общественного транспорта, (например, переход на газомоторное топливо или электробусы), который, к сожалению, достаточно дорого стоит, да и внедряются они не повсеместно. При этом внедрение инноваций не приводит к существенным положительным эффектам для потребителя, стимулирующим его отказаться от пользования личными автомобилями в пользу общественного транспорта. Не осуществляются меры стимулирующего характера и в отношении перехода на более экологичные виды транспорта личного пользования. А многие меры реализуются не столько в целях улучшения экологической ситуации, сколько в целях сохранения конкурентоспособности транспорта в международной системе (например, появление экологического класса бензина ЕВРО 6 в конце 2019 года). В тоже время не все инновационные решения, которые оказались эффективными в других городах и странах, могут быть использованы в отечественных условиях.

Анализ применимости инновационных решений в сфере экологической безопасности на транспорте в отечественных условиях

На сегодняшний день в мире существует достаточное количество инновационных решений, влияющих на экологическую безопасность на транспорте. Не только внедренные и проверенные решения могут улучшить экологическую обстановку в отечественных условиях, но и находящиеся на этапах гипотез, разработок и исследований. Необходимо предложить инновационные решения, проанализировать, насколько они могут быть применимы в тех или иных условиях. Для этой цели инновационные решения были разделены на группы: экономические, административные и технико-технологические, и систематизированы с точки зрения той экологической проблемы, которые они способны решить (табл.3). Также был проанализирован опыт использования инноваций в разных городах. Степень распространенности той или иной инновации свидетельствует о ее результативности в различных условиях. Каждое из инновационных решений было оценено экспертами по шкале от 0 до 5, где 0 означает, что данное решение абсолютно не применимо в отечественных условиях, 5 – может применимо без каких-либо ограничений. В качестве экспертов выступали специалисты транспортных организаций Санкт-Петербурга, а также организаций, осуществляющих инновационные разработки для системы городского пассажирского транспорта. На примерах показано получение результатов с помощью расстановки баллов с учетом компетентности экспертов по формуле 3:

$$(3) \Sigma = x_i \times k_i; \text{ где } x_i \text{ баллы экспертов, } k_i \text{ уровень компетенции экспертов.}$$

Сумма полученных взвешенных оценок восьми экспертов с учетом их компетентности углеродного налога:

$$\Sigma = 3 \times 0.2 + 2 \times 0.13 + 3 \times 0.2 + 1 \times 0.12 + 3 \times 0.2 + 3 \times 0.18 + 2 \times 0.15 + 1 \times 0.15 = 3.2 \text{ у.е.}$$

Сумма взвешенной оценки экологической классификации автомобилей и зонирования:

$$\Sigma = 4 \times 0.2 + 2 \times 0.13 + 5 \times 0.2 + 2 \times 0.12 + 4 \times 0.2 + 3 \times 0.18 + 3 \times 0.15 + 4 \times 0.15 = 4.7 \text{ у.е.}$$

Результаты экспертной оценки в виде среднего значения баллов восьми экспертов представлены в табл. 3.

Согласно результатам экспертной оценки наиболее целесообразными к развитию в отечественных условиях

инновациями являются система финансовых льгот, зонирование на основе экологической классификации и развитие системы особого регулирования движения общественного транспорта с использованием интеллектуальных технологий.

В целях стимулирования перехода на более экологически чистые виды транспорта для индивидуальных личных поездок возможно создать специальные финансовые условия. Менталитет граждан России определяет необходимость экономического стимулирования, наравне с информированностью и повышением культуры и ответственности в отношении экологической безопасности. При этом, экономические меры в виде дополнительного углеродного налога представляются менее эффективными. Его внедрение не позволило достичь поставленных целей в некоторых регионах. Например, в Австралии отказались спустя два года от данного налога в 2014 году. **[Ошибка! Источник ссылки не найден.]**

Безусловно, следует стимулировать не только граждан, но и бизнес. Однако на сегодняшний день это чаще всего инициатива самих предприятий. Одним из ярких представителей «зеленых» компаний является Нидерландская компания *IKEA*. Она не только старается заботиться об окружающей среде через сокращение уровня отходов через переработку, но и входит в число компаний, подписавших открытое письмо в ООН, в котором представители более 2 тыс. организаций приняли решение о кооперации в вопросе снижения к 2025 году выбросов углерода в атмосферу на 26%. **[Ошибка! Источник ссылки не найден.]**

Таблица 3

Систематизация и оценка применимости инновационных решений в сфере экологической безопасности на транспорте в отечественных условиях

Инновационные решения	Распространенность ¹	Экологическая проблема, на решение которой направлена инновация	Оценка применимости в отечественных условиях
Экономические			
Углеродный налог	Финляндия, Дания, Ирландия, Италия, Нидерланды, Норвегия, Польша, Швеция.	Чрезмерные выбросы углекислого газа	3,2
Финансовые льготы	Великобритания, Швеция, Италия, Ирландия, Венгрия, Греция, Франция, Финляндия, Бельгия, Болгария, Австрия, Чехия, Германия.	Газы, вибрации и шумы от использования ДВС	5
Административные			
Экологическая классификация автомобилей и зонирование	Великобритания, Испания, Италия, Франция.	Скопление большого количества шумов и газов	4,7
Запрет ДВС	Нидерланды, Норвегия, Германия, Индия, Франция, Великобритания.	Выбросы газов, шумы	2,1
Технико-технологические			
Велосипедные хайвеи	Дания, Нидерланды, Лондон, Германия.	Загазованность территории, пробки, шумы и вибрации	3,5
Система особого регулирования движения	США, Великобритания, Южная Корея, Германия, Дания.	Пробки, огромное количество автомобильного	4,5

Добавлено примечание ([A1]): здесь указаны не везде проблемы. Внимательно прочти. Распространение новых технологий - разве это проблема? Этот пункт должен быть связан с первой частью - вибрация, шум, выбросы таких-то веществ (конкретных), вредное воздействие на животных, почву и т.п.

¹ Первой указана страна, впервые внедрившая данную инновацию. Далее обозначены страны- последователи

Инновационные решения	Распространенность ¹	Экологическая проблема, на решение которой направлена инновация	Оценка применимости в отечественных условиях
общественного транспорта с использованием интеллектуальных технологий		транспорта на коротких участках	
Водородная энергетика	Япония, Южная Корея, Германия, США.	Загрязнение атмосферы переработанными газами	3,9

Добавлено примечание ([A1]): здесь указаны не везде проблемы. Внимательно прочти. Распространение новых технологий - разве это проблема? Этот пункт должен быть связан с первой частью - вибрация, шум, выборсы таких-то веществ (конкретных), вредное воздействие на животных, почву и т.п.

Экологическая классификация автомобилей и соответствующее зонирование может помочь снизить загазованность в центральных районах мегаполиса. Данное мероприятие, являясь административным ограничением, не является абсолютным запретом, что снижает вероятность возникновения социального напряжения в отличие от полного запрета ДВС. В нашей стране не созданы необходимые предпосылки для реализации полного запрета ДВС: соответствующая инфраструктура, более высокая заработная плата населения, финансовые льготы и др.

Велосипедные хайвеи могут быть востребованы в южной полосе РФ. Они могут предоставить быстрый доступ от одного района в другой с пользой для здоровья населения и без вреда для окружающей среды. Выделенные полосы и особое регулирование для общественного транспорта должны быть не обрывистыми участками на дороге, а быть развитой системой с возможностью построения оптимальной сети маршрутов.

Водородная энергетика также считается конкурентным решением наравне с электромобилями. В некоторых странах уже активно вводятся в эксплуатацию некоторые виды техники, например, в Германии используют водородный поезд, который выделяет лишь пар. Препятствия для внедрения данного вида техники в отечественных условиях нет.

Вывод

Таким образом, в настоящее время накоплен значительный опыт в решении экологических проблем, связанных с деятельностью наземного транспорта мегаполисов. Анализ данного опыта позволяет выявить наиболее результативные практики, причем не только в сфере технико-технологических, но и в сфере экономических и административных инноваций, которые по своей природе являются менее затратными. Однако, как показывает практика, не все внедренные инновационные решения способны достичь поставленных изначально задач. В этом случае, получается, что затраченные государством средства бюджетов расходуются без получения необходимого экологического эффекта. Кроме того, не все инновационные решения целесообразны к внедрению в отдельных регионах, так как имеют ограничения, связанные, например, с менталитетом, климатическими условиями, уровнем развитости инфраструктуры, объемом ресурсов. Именно подобные ограничения следует учитывать в процессе разработки инструментов и стратегических альтернатив в отношении экологической безопасности на транспорте в РФ.

Литература

1. Тузов К.А., Сабельников И.И. Экология и экономика: динамика загрязнения атмосферы страны в преддверии ратификации Парижского соглашения // Бюллетень о текущих тенденциях российской экономики. 2019. № 52. С. 24.
2. Князев Д.К. Экологические риски от автомобильного транспорта в городе-миллионнике. Вестник МГСУ. 2019. 14 (10). С. 1299-1308.
3. Щукина Т.В., Тамонова О.С., Акулова И.И. Оценка воздействия автотранспорта на экологию урбанизированных территорий и поту сокращения нагрузки транспортной системы мегаполиса. Журнал Экология и промышленность России. 2017. 21 (4). С. 36-41.
4. Гармонов К.В., Полосин И.И., Плотников А.В. Моделирование загрязнения окружающей природной среды вредными газообразными выбросами. Журнал Экология урбанизированных территорий. 2015. № 1. С.12-14.
5. Сазонов, Э.В. Экология городской среды: учебное пособие для среднего профессионального образования. Москва. Издательство Юрайт. 2017. 308.
6. Пепина Л.А., Созонтова А.Н. Загрязнение атмосферного воздуха автомобильнодорожным комплексом // Alfabuild. 2017. № 1 (1). С. 99-100.
7. Подгорнова Н.А. Экологические проблемы автомобильного транспорта и пути решения // Молодой ученый.

2016. 22(2). С. 48-50.
8. *Grishin S., Schiptsov O.V.* Problems of transport ecology and analysis of ecological statistics of Latvia. 9th International Conference «Reliability and Statistics in Transportation and Communication». Riga: Transport and Telecommunication Institute. 21-24 October 2009. P. 37-44.
 9. *Shadkowski A.* Title of book: Ecology in Transport: Problems and Solutions. Location: Springer, Cham. 2020. P. 563. DOI: 10.1007/978-3-030-42323-0.
 10. *Liebuviene J., Čičiūnienė K.* Ensuring ecology of cargo transportation by road transport. International Journal of Learning and Change (IJLC). 2019. 11(3). P. 211-221. DOI: 10.1504/IJLC.2019.103326.
 11. *Bezborodov Y. N., Kovaleva S. A., Sokolnikov A.N., Shram V.G.* Influence of transport on the ecology of big megapolis. Journal of Physics: Conference Series. 2019. 1399(5). 55008. DOI: 10.1088/1742-6596/1399/5/055008.
 12. *Stawiarska E.* ANALYSIS OF THE REGION SPECIALIZATION IN THE ISSUE OF «ECOLOGY» AND «TRANSPORT». 17TH INTERNATIONAL MULTIDISCIPLINARY SCIENTIFIC GEOCONFERENCE SGEM 2017 Albena, Bulgaria: The Silesian University of Technology. 2017. P. 51-60.
 13. Europe: Pollution Index by City 2019 Mid-Year // Chart: Pollution Index, 2019.
 14. Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ (ред. от 28.12.2013 N 406-ФЗ) «Об охране окружающей среды» // Статья 1. Основные понятия. 2013.
 15. Экологическая безопасность. Словарь «Термины и определения по охране окружающей среды, природопользованию и экологической безопасности». СПб.: Экологическая доктрина РФ. 2002.
 16. Урбанизация. Большой Энциклопедический словарь. М.: Большая Российская энциклопедия Норинт. 2000.
 17. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2018 году. Под редакцией Серебрицкого И.А. СПб.: ООО «Сезам-принт». 2019. С. 255.
 18. Смирнова У.И. Цифра дня: сколько автомобилей на планете? // AUTONEWS. 2019.
 19. *Стороженко С.Е., Мочалова С.В.* Сравнительная характеристика негативного влияния видов транспорта на окружающую среду // Центральный научный вестник. 2017. №2. 62-63.
 20. *Хачиян А.С., Шишлов И.Г., Вакуленко А.В.* Автомобильный транспорт и парниковый эффект // Транспорт на альтернативном топливе. 2018.
 21. *Альферович В.В.* Токсичность двигателей внутреннего сгорания. Учебно-методическое пособие для студентов специальности. Минск: БНТУ. 2016. С. 54.
 22. *Лим Т.Е.* Влияние транспортных загрязнений на здоровье человека. Обзор литературы // Экология человека. 2020.
 23. *Тейлор Р.* Шум // Редакция научно-популярной и научно-фантастической литературы. М., «Мир». 1978. С. 174.
 24. Шумовая болезнь у городских жителей. LiveJournal // Блог. 2016.
 25. *Экземлярский Н.С., Багаева О.И., Трухницкая С.М., Бразговка О.В.* Организации. Воздействие на организм человека инфразвука и способы защиты от него // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2017.
 26. Индекс экологической эффективности. Гуманитарная энциклопедия: Исследования // Центр гуманитарных технологий. 2020.
 27. Рейтинг стран по уровню экологии // NONEWS. 2018.
 28. *Мотосова Е.А., Потравный И.М.* Плюсы и минусы введения углеродного налога: зарубежный опыт и позиция России по Киотскому протоколу // Всероссийский экономический журнал ЭКО. 2018.
 29. *Левинская А.С., Нагаев К.В.* ИКЕА протестирует в России доставку товаров на электромобилях // РБК – ведущий мультимедийный холдинг России. 2019.

References

1. Tuzov K.A., Sabel'nikov I.I. Ekologiya i ekonomika: dinamika zagryazneniya atmosfery strany v pred-dverii ratifikatsii Parizhskogo soglasheniya // *Byulleten' o tekushchikh tendentsiyakh rossiiskoi ekonomiki*. 2019. № 52. S. 24.
2. Knyazev D.K. Ekologicheskie riski ot avtomobil'nogo transporta v gorode-millionnike. *Vestnik MGSU*. 2019. 14 (10). S. 1299-1308.
3. Shchukina T.V., Tamonova O.S., Akulova I.I. Otsenka vozdeistviya avtotransporta na ekologiyu urbanizirovannykh territorii i potu sokrashcheniya nagruzki transportnoi sistemy megapolisa. *Zhurnal Ekolo-giya i promyshlennost' Rossii*. 2017. 21 (4). S. 36-41.
4. Garmonov K.V., Polosin I.I., Plotnikov A.V. Modelirovanie zagryazneniya okruzhayushchei prirodnoi sredy vrednymi gazoobraznymi vybrosami. *Zhurnal Ekologiya urbanizirovannykh territorii*. 2015. № 1. S.12-14.
5. Sazonov, E.V. Ekologiya gorodskoi sredy: uchebnoe posobie dlya srednego professional'nogo obrazova-niya. Moskva. Izdatel'stvo Yurait. 2017. 308.
6. Pepina L.A., Sozontova A.N. Zagryaznenie atmosfernogo vozdukhа avtomobil'nodorozhnym kompleksom // *Alfabuild*. 2017. № 1 (1). S. 99-100.

7. Podgornova N.A. Ekologicheskie problemy avtomobil'nogo transporta i puti resheniya // *Molodoi uchenyi*. 2016. 22(2). S. 48-50.
8. Grishin S., Schiptsov O.V. Problems of transport ecology and analysis of ecological statistics of Latvia. 9th International Conference «Reliability and Statistics in Transportation and Communication». Riga: Transport and Telecommunication Institute. 21-24 October 2009. P. 37-44.
9. Śladkowski A. Title of book: Ecology in Transport: Problems and Solutions. Location: Springer, Cham. 2020. P. 563. DOI: 10.1007/978-3-030-42323-0.
10. Liebuviėnė J., Čižiūnienė K. Ensuring ecology of cargo transportation by road transport. *International Journal of Learning and Change (IJLC)*. 2019. 11(3). P. 211-221. DOI: 10.1504/IJLC.2019.103326.
11. Bezborodov Y. N., Kovaleva S. A., Sokolnikov A.N., Shram V.G. Influence of transport on the ecology of big megapolis. *Journal of Physics: Conference Series*. 2019. 1399(5). 55008. DOI: 10.1088/1742-6596/1399/5/055008.
12. Stawiarska E. ANALYSIS OF THE REGION SPECIALIZATION IN THE ISSUE OF «ECOLOGY" AND "TRANSPORT». 17TH INTERNATIONAL MULTIDISCIPLINARY SCIENTIFIC GEOCONFERENCE SGEM 2017 Albena, Bulgaria: The Silesian University of Technology. 2017. P. 51-60.
13. Europe: Pollution Index by City 2019 Mid-Year // Chart: Pollution Index, 2019.
14. Federal'nyi zakon ot 10.01.2002 N 7-FZ (red. ot 28.12.2013 N 406-FZ) «Ob okhrane okruzhayushchei sre-dy» // *Stat'ya I. Osnovnye ponyatiya*. 2013.
15. Ekologicheskaya bezopasnost'. Slovar' «Terminy i opredeleniya po okhrane okruzhayushchei sredy, prirodopol'zovaniyu i ekologicheskoi bezopasnosti». SPb.: Ekologicheskaya doktrina RF. 2002.
16. Urbanizatsiya. Bol'shoi Entsiklopedicheskii slovar'. M.: Bol'shaya Rossiiskaya entsiklopediya Norint. 2000.
17. Doklad ob ekologicheskoi situatsii v Sankt-Peterburge v 2018 godu. Pod redaktsiei Serebritskogo I.A. SPb.: OOO «Sezam-print». 2019. S. 255.
18. Smirnova U.I. Tsifra dnya: skol'ko avtomobilei na planete? // *AUTONEWS*. 2019.
19. Storozhenko S.E., Mochalova S.V. Sravnitel'naya kharakteristika negativnogo vliyaniya vidov transporta na okruzhayushchuyu sredyu // *Tsentral'nyi nauchnyi vestnik*. 2017. №2. 62-63.
20. Khachiyan A.S., Shishlov I.G., Vakulenko A.V. Avtomobil'nyi transport i parnikovyi effekt // *Transport na al'ternativnom toplive*. 2018.
21. Al'ferovich V.V. Toksichnost' dvigatelei vnutrennego sgoraniya. Uchebno-metodicheskoe posobie dlya studentov spetsial'nosti. Minsk: BNTU. 2016. S. 54.
22. Lim T.E. Vliyanie transportnykh zagryaznenii na zdorov'e cheloveka. Obzor literatury // *Ekologiya cheloveka*. 2020.
23. Teilor R. Shum // *Redaktsiya nauchno-populyarnoi i nauchno-fantasticheskoi literatury. M., «Mir»*. 1978. S. 174.
24. Shumovaya bolezni' u gorodskikh zhitelei. LiveJournal // *Blog*. 2016.
25. Ekzempl'yarskii N.S., Bagaeva O.I., Trukhnitskaya S.M., Brazgovka O.V. Organizatsii. Vozdeistvie na or-ganizm cheloveka infrazvuka i sposoby zashchity ot nego // *Aktual'nye problemy aviatsii i kosmonavтики*. 2017.
26. Indeks ekologicheskoi effektivnosti. Gumanitarnaya entsiklopediya: Issledovaniya // *Tsentr gumanitar-nykh tekhnologii*. 2020.
27. Reiting stran po urovnyu ekologii // *NONNEWS*. 2018.
28. Motosova E.A., Potravnyi I.M. Plyusy i minusy vvedeniya uglerodnogo naloga: zarubezhnyi opyt i pozitsiya Rossii po Kiotskomu protokolu // *Vserossiiskii ekonomicheskii zhurnal EKO*. 2018.
29. Levinskaya A.S., Nagaev K.V. IKEA protestiruet v Rossii dostavku tovarov na elektromobilyakh // *RBK – vedushchii mul'timediiinyi kholding Rossii*. 2019.

Статья поступила в редакцию 21.03.2020 г