

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2018, №3, Том 10 / 2018, No 3, Vol 10 <https://esj.today/issue-3-2018.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/94ECVN318.pdf>

Статья поступила в редакцию 15.06.2018; опубликована 03.08.2018

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Абрамова И.О., Муртазина М.Ш. Зеленая транспортная логистика как инструмент совершенствования хозяйственной деятельности транспортных компаний // Вестник Евразийской науки, 2018 №3, <https://esj.today/PDF/94ECVN318.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

**For citation:**

Abramova I.O., Murtazina M.Sh. (2018). Green transport logistics as a tool for improving the economic activities of transport companies. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 3(10). Available at: <https://esj.today/PDF/94ECVN318.pdf> (in Russian)

УДК 330

ГРНТИ 006

**Абрамова Ирина Олеговна**

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет», Новосибирск, Россия  
Магистрант кафедры «Автоматизированных систем управления»  
E-mail: [irina.iceheart@yandex](mailto:irina.iceheart@yandex)

**Муртазина Марина Шамильевна**

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет», Новосибирск, Россия  
Доцент кафедры «Автоматизированных систем управления»  
Кандидат философских наук  
E-mail: [murtazina@corp.nstu.ru](mailto:murtazina@corp.nstu.ru)  
РИНЦ: [http://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=568064](http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=568064)

## **Зеленая транспортная логистика как инструмент совершенствования хозяйственной деятельности транспортных компаний**

**Аннотация.** Статья посвящена проблеме негативного воздействия автотранспортных грузоперевозок на окружающую среду. Автотранспортные средства относятся к передвижным источникам выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. В структуре выбросов вредных веществ основной объем приходится на окись углерода, углеводы, оксиды азота и твердые частицы. В настоящее время более двух третей от выбросов углекислого газа приходится именно на грузовые перевозки с использованием автомобильного транспорта. Важным элементом современных транспортных систем, как на национальном уровне, так и международном, является логистика. Одна из самых востребованных оптимизационных задач в логистике – транспортная задача. В зеленой транспортной логистике класс транспортных задач, учитывающих негативное воздействие на окружающую среду, получил название зеленая транспортная задача. Классическая задача оптимизации грузоперевозок фокусируется на минимизации экономических затрат для грузоперевозчика. «Зеленая транспортная задача» рассматривает грузоперевозки с позиций минимизации экологических издержек.

В данной работе исследуется потенциал зеленой транспортной логистики как инструмента совершенствования хозяйственной деятельности транспортных компаний. Статья содержит исторически обзор исследований в области зеленой логистики и обзор публикаций, посвященных зеленой транспортировке грузов. Внимание в работе сосредоточено на применении экономико-математических методов при планировании грузоперевозок

транспортной компании. На основе анализа отечественных и зарубежных публикаций дается исторический обзор исследований в области зеленой логистики. Авторами представлен подход к решению зеленой задачи коммивояжера. Статья проиллюстрирована примером решения классической задачи коммивояжера и решения по предложенному подходу.

**Ключевые слова:** зеленая транспортная логистика; транспортные грузоперевозки; загрязнение атмосферы; выбросы вредных веществ; транспортная задача; задача коммивояжера; зеленая задача коммивояжера

### Введение

Любому частному предпринимательству свойственно стремление к росту своего бизнеса, извлечению прибыли, эффективности использования собственных ресурсов и освоению инноваций [1, с. 300]. К сожалению, о бережном использовании природных ресурсов при этом задумываются не всегда. Особенно, если этого напрямую не требуется законодательством или размеры экологических платежей за загрязнения мизерны по сравнению с фактически наносим ущербом.

На сегодняшний день загрязнение атмосферного воздуха, одного из ведущих природных ресурсов, считается одной из главных экологических проблем. Загрязнение атмосферы регионов стационарными источниками загрязнения зависит от экономической специализации субъекта РФ и распределено по территории России неравномерно [2]. Загрязнение нестационарными (передвижными) источниками зависит от вовлеченности предприятий региона в производственные цепочки, а также общего уровня социально-экономического развития региона. Активным загрязнителем здесь является автотранспорт, который относится к передвижным источникам выбросов вредных веществ. Специфика таких источников загрязнения заключается в их низком расположении и рассеивании газов на неопределенные территории в близости жилых районов, что оказывает значительное негативное воздействие на дыхательные пути человека [3, с. 1185]. Численность автотранспорта растет неуклонно с каждым годом. Природосберегающие технологии, конечно, тоже развиваются, выпускаются и разрабатываются гибридные и электромобили, однако, многим потребителям они еще не доступны в связи со своей стоимостью, поэтому с ростом числа автотранспортных средств по-прежнему наблюдается рост объемов выбросов загрязняющих веществ. По данным федеральной службы государственной статистики, в 2013-2017 гг. суммарные выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от передвижных источников составили 70,3 млн т. При этом с 2013 г. по 2017 г. объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от передвижных источников возрос на 7,35 %<sup>1</sup>.

По данным Росстата и Росприроднадзора в 2016 г. общий объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу составил 31 617,1 тыс. т., что на 1,1 % больше, чем в предыдущем году. При этом объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников составил 17 349,3 тыс. т. и 14 104,7 тыс. т – от автотранспорта<sup>2</sup>. Таким образом, в 2016 г. доля выбросов от автомобильного транспорта в России составила 44,61 % от всех выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Приведенные статистические данные позволяют говорить об актуальности исследования подходов к снижению объемов выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Значительная доля среди выбросов вредных веществ от автотранспорта приходится на грузовой автомобильный транспорт.

<sup>1</sup> Россия в цифрах. 2018: Крат. стат. сб. / Росстат. М., 2018. с. 70.

<sup>2</sup> Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2016 году». М.: Минприроды России; НИА-Природа. 2017. с. 10.

Грузовой автотранспорт участвует в обеспечении розничной торговли, строительной индустрии, а также нужд малого и среднего бизнеса [4, с. 44]. На текущий момент большая часть грузового автотранспорта работает на нефтепродуктовых видах топлива, при сгорании которых выделяется ряд вредных веществ, среди которых оксиды углерода, оксиды азота, углеводороды, сажа, диоксид серы, соединения свинца, формальдегид и бенз(а)пирен<sup>3</sup>. При этом больше всего выделяется соединений оксида углерода. При полном сгорании образуется диоксид углерода – углекислый газ (CO<sub>2</sub>), а при неполном (при нехватке кислорода) – чрезвычайно токсичный монооксид углерода – угарный газ (CO). Последний сохраняется в атмосферном воздухе около 3,5 месяцев [5, с. 23]. Объемы выбросов зависят от технического состояния автотранспортного средства, режима работы двигателя. Выброс вредных веществ от работы двигателя состоит из выброса при прогреве двигателя, выброса при движении на «холодном» двигателе и выброса, когда двигатель достиг оптимальной рабочей температуры [6, с. 7]. В режиме «холостой ход», когда автотранспортное средство движется на минимальной скорости вращения двигателя, выброс вредных веществ происходит в объемах, превышающих выбросы на нагрузочных режимах. Соответственно, чтобы минимизировать расходы топлива и выбросы вредных веществ, нужно оптимизировать маршруты доставки грузов.

Объект исследования – процесс транспортировки грузов в транспортной компании.

Предмет исследования – разработка экономико-математических методов планирования грузоперевозок в транспортной компании на примере решения зеленой транспортной задачи как составляющей зеленой транспортной логистики.

Цель работы – исследовать потенциал зеленой транспортной логистики как инструмента повышения конкурентоспособности транспортных компаний.

Статья организована следующим образом. Во введении обосновывается актуальность темы исследования. В разделе «История вопроса» представлен краткий исторически обзор исследований в области зеленой логистики, проанализированы тенденции изменения отношения бизнеса к вопросу охраны окружающей среды. В разделе «Зеленые решения при построении маршрута доставки груза» приводится обзор зеленых задач транспортировки грузов. В разделе «Методы и исходные данные» дается формальное описание экономико-математической модели, предлагаемой для решения задачи зеленой маршрутизации. В разделе «Результаты эксперимента» приводятся результаты поиска оптимально маршрута доставки товара на модельных данных. В заключении описываются выводы и перспективы работы.

### История вопроса

Логистика представляет науку об управлении материальными, информационными и людскими потоками на основе их оптимизации. Зеленая логистика – это процесс минимизации ущерба окружающей среде в результате логистических операций организации. Логистика включает в себя транспортные и ресурсоемкие процессы, такие как закупки, управление запасами, складирование. Зеленая транспортная логистика направлена в первую очередь на планирование различных стратегий на всех транспортных средствах в интересах окружающей среды. Данная концепция включает в себя такие элементы, как зеленые коридоры, сокращение выбросов вредных веществ, зеленые транспортные средства, зеленая маршрутизация транспортных средств.

---

<sup>3</sup> Методика определения выбросов автотранспорта для проведения сводных расчётов загрязнения атмосферы городов. Государственный комитет Российской Федерации по охране окружающей среды. Утверждена приказом Госкомэкологии России от 16 февраля 1999 года № 66. М., 1999. с. 4.

Считается, что начало развитию «зеленой логистики», как научного направления было положено в 1989 г. работами немецкого ученого Э. Мюллером [7]. Вплоть до середины 1960-х гг. экологический аспект в логистике практически не принимался во внимание. Хотя еще в 1950-х годах была выражена обеспокоенность в связи с пагубными последствиями грузовых перевозок на окружающую среду, начало основных исследований по данному вопросу датируются серединой 1960-х годов. В это время началось осознание экологических проблем, пришло понимание, что бизнес-деятельность может представлять значительную угрозу для окружающей среды с точки зрения выбросов вредных веществ в атмосферу, сброса токсичных отходов в водоемы и других видов промышленного загрязнения [8; 9].

Согласно исследованию [9], в настоящее время понятие «зеленая логистика» представляет собой конвергенцию пяти направлений исследований:

- снижение экологического ущерба от грузовых перевозок;
- городская логистика;
- обратная логистика;
- стратегии корпоративной логистической системы;
- зелеными цепочками поставок.

В 1970-х гг. значительная часть исследований влияния логистической деятельности на окружающую среду была обусловлена ростом грузовых автомобильных перевозок. Транспортная отрасль начала рассматриваться как один из основных источников негативного воздействия на окружающую среду. В 1970 г. были проведены многочисленные исследования, целью которых была оценка характера и масштаба негативного воздействия автотранспортных грузоперевозок на окружающую среду. Большая часть исследований проводилась в Великобритании. В результате в Великобритании был сформирован Комитета по грузовым автомобилям и окружающей среде (Lorries and the Environment Committee). Данная организация в период с 1974 по 1979 года опубликовала несколько докладов о способах рационализации движения грузового автотранспорта.

Первыми крупными исследованиями грузовых перевозок в городских районах на примере таких крупных городов, как Лондон и Чикаго, были проведенных в 1970-х и начале 1980-х годов.

В 1982 г. организация экономического сотрудничества и развития OECD публиковала отчет о воздействии тяжелых грузовиков на окружающую среду и исследовала способы сокращения негативного воздействия. Множество исследований в области оценки воздействия автомобильного грузового транспорта на окружающую среду, проведенных в нескольких странах в 1990-х годах, в разной степени изучали три метода ослабления зависимости экономического роста от уровня грузовых перевозок:

- снижение интенсивности транспорта в экономике (рассчитывается как отношение тонно-км к ВВП);
- перераспределение перевозок по видам транспорта;
- улучшение использования транспортных средств, которое должно привести к уменьшению отношения транспортное средство-км к тонно-км).

В 1990-х гг. начались исследования в области совершенствования управления цепочками поставок и внедрения зеленых технологий, начали внедряться первые системы экологического менеджмента [9, с. 8-17].

На рубеже XX-XXI веков многие компании поняли, что экологический менеджмент является ключевым стратегическим направлением работ, которое оказывает долгосрочное

влияние на эффективность бизнес-деятельности компании. Данное утверждение подтверждается результатами исследования международной консалтинговой компании BearingPoint. В 2008 году данной организацией был проведен опрос, в котором приняло участие более 600 специалистов из различных сфер бизнеса. Опрос проводился среди широкой аудитории, в которую вошли Европа (преимущественно Франция и Великобритания), Северная Америка и Япония. Согласно исследованию 83 % опрошенных компаний признавали важность экологических проблем при принятии решений, но только 35 % фактически учли это в управлении своей цепочкой поставок<sup>4</sup>.

В настоящее время, в условиях понимания экологической ответственности, клиенты и покупатели обращают внимание на то, заботятся ли компании о сохранении окружающей среды, поэтому компании, применяющие зеленую логистику для получения конкретных преимуществ в глазах потенциальных клиентов и покупателей. Особенно это касается того, как компании используют транспорт. Крупные транспортные компании, такие как DHL, Fedex, UPS, информируют своих клиентов о предпринимаемых ими мерах по сохранению окружающей среды, внедряют экологические программы в свою бизнес-деятельность, а также предлагают клиентам внести свой вклад в защиту окружающей среды от негативного воздействия грузоперевозок. В частности, компания экспресс-доставки DHL утверждает на своем официальном сайте, что будущее принадлежит компаниям, которые активно берут на себя ответственность за защиту климата. Компания DHL внедрила в работу программу защиты климата GoGreen. Компания DHL подсчитывает выбросы углекислого газа (CO<sub>2</sub>), производимые при транспортировке груза с момента его приема и до доставки получателю. Своим клиентам компания DHL предлагает заплатить на 3 % больше, чем следует из стандартных тарифов, и эти деньги компания DHL инвестирует в программы защиты климата по всему миру.

### **Зеленые решения при построении маршрута доставки груза**

Одной из самых востребованных оптимизационных задач в логистике стала транспортная задача. Интенсивное развитие транспортной логистики началось во второй половине XX века, когда произошло признание крупными мировыми транспортными компаниями необходимости оптимизации по времени и затратам грузоперевозок. Постановка оптимизационной задачи грузоперевозок автотранспортными средствами была впервые сформулирована в 1959 году Г. Данцигом и Дж. Рамсером в статье «Задача диспетчеризации грузовиков» (The truck dispatching problem) [10]. В этой работе учеными было предложено решение задачи минимизации пробега грузового автотранспорта при доставке бензина от основной станции до множества обслуживаемых терминалов. Определенная почти 60 лет назад, эта задача заключается в разработке оптимального набора маршрутов для парка транспортных средств при обслуживании определенного набора клиентов.

Зеленая задача транспортировки грузов – это отрасль зеленой логистики, занимающаяся проблемой оптимизации одного или нескольких транспортных средств с учетом внешних факторов их использования, такие как выбросы углекислого газа, с целью уменьшения негативного воздействия за счет улучшения планирования грузоперевозок.

В отличие от классической задачи оптимизации грузоперевозок, которая фокусируется на минимизации экономических затрат для грузоперевозчика, задача зеленой маршрутизации учитывает негативное воздействие на окружающую среду. При решении данного класса задач ищется компромисс между экономическими затратами и экологическими издержками.

---

<sup>4</sup> Supply Chain Monitor “How mature is the Green Supply Chain?” // BearingPoint, Inc. 2008.

Начиная с 1982 г., для расчета расхода топлива начал применяться аппарат, предложенный Р. Акселиком в работе [11]. Разработанная им модель основывалась на цикле изменения скоростей. Большинство исследований по оценке негативного воздействия грузовых автотранспортных перевозок применяли данную модель для своих расчетов, основываясь на данных о длине маршрута [12].

Одним из ключевых исследований, освещающих экологические проблемы в задаче маршрутизации автотранспорта, является диссертационная работа [12] Э. Палмер. В отличие от предыдущих исследований, которые фокусировались на оценке экологических издержек по общей длительности или расстоянию маршрутов, Э. Палмер рассмотрел такие данные, как топография дорог, скорость передвижения транспорта, прогнозные объемы трафика. Результаты, полученные по его модели, показали, что существует потенциал для уменьшения выбросы углекислого газа (CO<sub>2</sub>) примерно на 5 %.

С. Дуань в работе [13] предложил зеленую логистическую систему, которая учитывала интересы, как правительства, так и перевозчиков. Ученым было рассмотрено три задачи: проектирование интермодальных сетей, детерминированная задача зеленой маршрутизации транспортных средств и стохастическая задача зеленой маршрутизации транспортных средств. При проектировании интермодальной сети, которая включает три вида транспорта (железнодорожные, автомобильные и внутренние водные пути), была поставлена цель: увеличить доли использования системы водных путей без увеличения стоимости для потребителя.

Одним из классов зеленых задач доставки грузов является зеленая задача коммивояжера (green travelling salesman problem, GTSP). Большинство предлагаемых решений сосредоточено на минимизации выбросов углекислого газа и/или поиске компромиссного решения между минимизацией стоимости маршрута и минимизацией выбросов углекислого газа, что обусловлено множеством принятых в разных странах программ сокращения эмиссии углекислого газа. Так, например, в работе [14] предлагается модель решения задачи GTSP, которая учитывает расстояние маршрута, выбросы углекислого газа, расход топлива, время/скорость движения и их стоимость. Задача этой модели найти компромиссное решение между стоимостью доставки и сокращением эмиссии углекислого газа.

Проведенный анализ отечественных и зарубежных публикаций позволяет говорить о росте научного интереса к вопросам зеленой логистики. Исследователи предлагают подходы к решению задачи зеленой транспортной маршрутизации как на глобальном уровне (международные перевозки), так и национальном. С учетом варьирования размеров транспортных компаний от международных гигантов до малых предприятий и уже неоспоримой необходимости применения зеленых решений при составлении планов грузоперевозок можно рекомендовать применять на практике экономико-математические модели разной сложности, учитывающие разнородные исходные данные. В рамках данной работы мы предлагаем решение, учитывающее оценку основных загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферный воздух.

### Методы и исходные данные

В качестве объекта исследования выступает процесс транспортировки грузов, осуществляемый малой транспортной компанией. Расчет оптимального пути будет производиться для одного грузового автотранспорта следующего по маршруту. Критерием оптимизации выступает – минимизация размеров экономического ущерба от хозяйственной деятельности.

Маршрут формируется на основании заказов товаров, поступивших из населенных пунктов. Исходными данными для расчетов являются:

- данные о длине дорог и территории, которые были получены при помощи сервиса Карты Google;
- вычисленные по расчетным формулам размеры, наносимого экономического ущерба при проезде грузового автомобильного транспорта по участкам дорог.

В основе модели, используемой для поиска оптимально маршрута, лежит идея задачи коммивояжера. Вместо расстояния между городами, которые применяются в задачи коммивояжера, в расчётах используются размеры экономического ущерба, причиняемого при транспортировке груза между пунктами доставки.

Целевая функция:

$$F(x) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_{ij} * Y_{ij} \rightarrow \min, \quad (1)$$

где:  $n$  – количество пунктов, составляющих маршрут;

$x_{ij}$  – бинарная переменная, принимающая значение 1 тогда и только тогда, когда в оптимальном решении, грузовой автотранспорт посещает пункт  $j$  сразу после пункта  $i$ ;

$Y_{ij}$  – размер ущерба, руб./за проезд между пунктами  $i$  и  $j$ .

Ограничения:

Только один выезд из пункта:

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, j = \overline{1, n} \quad (2)$$

Только один въезд в пункт:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, i = \overline{1, n} \quad (3)$$

Маршрут замкнут, подциклы отсутствуют:

$$u_i - u_j + (n - 1)x_{ij} \leq n - 2, i = \overline{2, n}, j = \overline{2, n}, i \neq j, \quad (4)$$

где:  $u_i$  – номер шага, на котором посетили пункт  $i$ .

Поскольку между пунктами  $i$  и  $j$  может быть несколько дорог, проходящих через разные типы территорий, предварительно для каждой пары пунктов  $i$  и  $j$  ищется дорога, при проезде по которой экономический ущерб будет минимален. По результатам формируется граф, узлами которого являются пункты, куда необходимо доставить товар, а дугами отобранные дороги между ними. Для этого графа уже вычисляется маршрут доставки груза.

Проведенный анализ российских научных работ, в частности [15] показал, что для оценки размеров экономического ущерба от автотранспортных средств применяется «Методика оценки эколого-экономической эффективности применения антитоксичных мероприятий», разработанная сотрудниками ФГУП «НАМИ» и получившая в литературе краткое название Методика НАМИ. Указанная методика основана на положениях методики

укрупненной оценки экономического ущерба, изложенной в документе «Временная методика определения предотвращенного экологического ущерба» и зарубежных методиках, таких как Методика «ExternE» [16]. Исходя из положений Методики НАМИ, размер экономического ущерба, причиняемого выбросами загрязняющих веществ в приземную атмосферу грузовым автомобильным транспортом по участку дороги, может быть вычислен по формуле:

$$Y = \gamma * \sigma * f * M, \quad (5)$$

где:  $Y$  – оценка ущерба, руб./за проезд по участку дороги;

$\gamma$  – нормативная оценка экономического ущерба от загрязнения атмосферного воздуха, руб./усл. т;

$\sigma$  – величина, значение которой определяет относительную опасность загрязнения атмосферного воздуха над территориями различных типов, безразмерная;

$f$  – величина, значение которой учитывает характер рассеяния примеси в атмосфере, безразмерная;

$M$  – приведенная к диоксиду серы ( $SO_2$ ) масса выброса загрязняющих веществ за проезд по участку дороги, усл. т/год.

Размер приведенной массы выброса загрязняющих веществ вычисляется по формуле:

$$M = \sum_{k=1}^m A_k * m_k, \quad (6)$$

где:  $m$  – количество учитываемых загрязняющих веществ;

$m_k$  – масса выброса в атмосферу  $k$ -го вида загрязняющих веществ, усл. т/т;

$A_k$  – величина, показывающая относительную агрессивности примеси  $i$ -го вида загрязняющего вещества, усл. т/т. Значения показателя  $A_i$  вычисляются согласно расчетным формулам, приведенным в приложении 6 Временной типовой методики определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды, одобренной Постановлением Госплана СССР, Госстроя СССР, Президиума АН СССР от 21.10.1983 N 254/284/134.

Согласно документу<sup>5</sup>, масса выброса в атмосферу  $k$ -го вида загрязняющих веществ может быть вычислена по формуле:

$$m_k = g_{kpr} * Q_{pq} * 10^{-3}, \quad (7)$$

где:  $g_{kpr}$  – удельный выброс  $k$ -го загрязняющего вещества автотранспортным средством  $q$ -го расчетного типа при использовании  $r$ -го вида топлива, г/кг;

$Q_{pq}$  – потребление моторного топлива  $p$ -го вида автотранспортным средством  $q$ -го расчетного типа при движении по городским улицам и дорогам, т;

$10^{-3}$  – коэффициент, учитывающий размерность входящих величин.

Потребление топлива транспортным средством определяется по формуле:

---

<sup>5</sup> Расчетные инструкции (методики) по инвентаризации выбросов загрязняющих веществ автотранспортными средствами и дорожно-строительными машинами в атмосферный воздух. М.: Автополис-плюс, 2008. с. 8.



$$Q_{pq} = l * r * 10^{-2}, \quad (8)$$

где:  $r$  – расход топлива на 100 км, л.;

$l$  – длина участка пути, км;

$10^{-2}$  – коэффициент, учитывающий размерность входящих величин.

Для определения маршрута компания собирает заявки от клиентов из разных населенных пунктов, далее анализируются участки дорог между пунктами маршрута. Для проведения анализа необходимы данные о принадлежности участка дороги к тому или иному типу территории и длина каждого участка. На основе этой информации определяется оптимальный маршрут с точки зрения минимизации экономического ущерба. Далее рассмотрим простой пример, иллюстрирующий описанную модель.

### Вычислительный эксперимент

Пусть требуется составить маршрут доставки между пятью пунктами в городах, из которых один является депо. В таблице 1 приведены длительности дорог между городами с разбиением на типы территорий.

Таблица 1

Длина дорог между пунктами

Номер дороги	Номер пункта, в котором		Расстояние, км	
	Дорога начинается	Дорога заканчивается	Городские улицы и дороги	Внегородские дороги
1	1	2	9,34	36,17
2	1	3	7,51	134,9
3	1	3	97,31	37,54
4	1	4	36,71	98,36
5	1	4	28,57	61,39
6	1	5	13,51	16,67
7	2	3	10,51	124,51
8	2	3	31,52	88,58
9	2	3	46,59	58,61
10	2	3	10,49	139,38
11	2	4	18,11	72,42
12	2	4	28,53	31,51
13	2	5	21,67	24,24
14	3	4	46,5	88,99
15	3	4	24,32	81,78
16	3	4	15,33	82,59

Составлено авторами

Для каждой дороги был произведен расчет экономического ущерба от проезда по ней. Расчет экономического ущерба выполнен для одной единицы грузового транспорта (грузоподъемность – до 3,5 т, тип топлива – дизель, экологический класс топлива – Евро3) следующей по пунктам, расположенным в Западно-Сибирском экономическом регионе. При расчетах учитывались выбросы следующих веществ: окись углерода (CO), органические соединения (VOC), оксиды азота (NO<sub>x</sub>), частицы сажи (PM), двуокись серы (SO<sub>2</sub>), углекислый газ (CO<sub>2</sub>). Результат расчетов приведен в таблице 2. В первом варианте, если между пунктами несколько дорог, выбиралась дорога минимальная по длине, во втором – по экономическому ущербу. Величина ущерба при помощи годовых индексов-дефляторов ВВП приведена к ценам 2017 г.

**Таблица 2**

**Минимальная длина дорог и минимальный экономический ущерб за проезд по дорогам**

Номер пункта, в котором		Вариант 1			Вариант 2		
		Минимальное расстояние			Минимальный экономический ущерб		
Дорога начинается	Дорога заканчивается	Размер ущерба, руб.	Длина пути, км	Номер дороги	Размер ущерба, руб.	Длина пути, км	Номер дороги
1	2	2 294,74	45,51	1	2 294,74	45,51	1
1	3	7 371,44	134,85	3	7 002,35	142,41	2
1	4	4 619,05	89,96	5	4 619,05	89,96	5
1	5	1 581,85	30,18	6	1 581,85	30,18	6
2	3	5 509,81	105,2	9	5 509,81	105,2	9
2	4	3 160,51	60,04	12	3 160,51	60,04	12
2	5	2 415,51	45,91	13	2 415,51	45,91	13
3	4	4 898,26	97,92	16	4 898,26	97,92	16

*Составлено авторами*

Далее для данных, представленных в таблице 2, была решена задача коммивояжера. Для первого варианта критерий оптимизации – это длина дороги, для второго варианта – размер экономического ущерба. В первом случае оптимальный маршрут будет включать следующую последовательность обхода пунктов: 1-3-4-2-5-1. Проезд между пунктами проходит по дорогам: 3-16-12-13-6. Минимальное расстояние – 368,9 км. Экономический ущерб от проезда по пути составит 19 427,57 руб. Во втором случае маршрут будет включать следующую последовательность обхода пунктов: 1-5-2-3-4-1. Проезд между пунктами проходит по дорогам: 6-13-9-16-5. Минимальное расстояние – 369,17 км. Экономический ущерб от проезда по пути составит 19 024,48 руб. Величина экономического ущерба от загрязнения меньше во втором варианте, чем при проезде более коротким путем, за счет следования части пути по территории, где восстановление нарушенной окружающей среды стоит меньше.

### Заключение

Сокращение выбросов вредных веществ от грузовых транспортных средств на сегодняшний день является одной из приоритетных задач для многих компаний по всему миру. Компании пытаются создать конкурентные преимущества, привлекая клиентов экологическими программами. Клиенты ожидают быстрого обслуживания и хотят покупать зеленые товары и услуги.

В конкурентной среде зеленая логистика находится в центре внимания многих руководителей компаний. Зеленая логистика, включает в себя экологические и социальные факторы, напрямую связана с производством и распространением товаров на рынке. Можно сказать, что в этом отношении, грузоперевозки являются наиболее заметным элементом цепочки поставок. На транспортировку приходится более трети затрат на логистическую деятельность.

В рамках данного исследования было выполнено следующее:

1. проанализированы основные тренды оценки экологических издержек от хозяйственной деятельности по перевозке грузов автомобильным транспортом;
2. изучены методические основы экономического ущерба от выбросов загрязняющих веществ, производимых автотранспортными средствами;
3. предложен подход к оптимизации маршрута грузового автомобильного средства с позиций минимизации экономического ущерба, наносимого им окружающей среде.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Теоретические основы формирования промышленной политики: коллективная монография / под ред. д-ра экон. наук, проф. А.В. Бабкина. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2015. 462 с.
2. Клевакина Е.А. Межрегиональное неравенство в России: экологический аспект / Е.А. Клевакина, И.А. Забелина // Регион: экономика и социология. – 2012. – № 3. – С. 203-213.
3. Степанова Н.В., Святова Н.В., Сабирова И.Х., Косов А.В. Оценка влияния и риск для здоровья населения от загрязнения атмосферного воздуха выбросами автотранспорта // Фундаментальные исследования. 2014. – № 10(6). С. 1185-1190.
4. Титов И.В., Батищев И.И. Грузовой автомобильный транспорт в России: состояние и перспективы развития // Транспорт Российской Федерации. 2011. № 5(36). С. 44-48.
5. Щербатюк А.П. Топливная экономичность и экологическая эффективность перевода автомобилей на газовое топливо // Журнал автомобильных инженеров. 2015. №6. С. 22-24.
6. Шаталова Е.Е. Совершенствование оценки массовых выбросов загрязняющих веществ в отработавших газах автомобильного транспорта: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / Шаталова Елена Егоровна. Волгоград, 2007. 16 с.
7. Журавская М.А. "Зеленая" логистика – стратегия успеха в развитии современного транспорта // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. 2015. № 1 (25). С. 38-48.
8. Rodrigue J.-P. Slack B., Comtois C. The paradoxes of Green logistics // Proceedings of the 9th World Conference on Transport Research. Seoul, 2001. URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/40a4/62e93aa60b3c7ea3721e07181fc773ade32c.pdf>.
9. Green Logistics: Improving the Environmental Sustainability of Logistics / Ed by A. Mckinnon, S. Cullinane, M. Browne, A. Whiteing. London: Kogan Page, 2010. 385 p.
10. Dantzig G., Ramser J. The truck dispatching problem // Management science, Vol. 6, No. 1 (Oct., 1959). 1959. pp. 80-91. URL: <https://andresjaquep.files.wordpress.com/2008/10/2627477-clasico-dantzig.pdf>.
11. Akcelik R. Progress in fuel consumption modelling for urban traffic management. Australian Road Research Board. Australia, 1982. 76 p.
12. Palmer A. The Development of an Integrated Routing and Carbon Dioxide Emissions Model for Goods Vehicles: PhD Thesis. Cranfield: Cranfield School of Management, 2007. 161 p.
13. Duan X. Green logistic network design: intermodal transportation planning and vehicle routing problems. University of Louisville. 2016. 167 p.
14. Ozceylan E., Kiran M.S., Atasagun Y. A New Hybrid Heuristic Approach for Solving Green Traveling Salesman Problem, Proceedings of the 41st International Conference on Computers & Industrial Engineering. October 23-26, Los Angeles-USA, 2011. pp. 720-725.
15. Азаров В.К. Разработка комплексной методики исследований и оценки экологической безопасности автомобилей: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.03 / В. К. Азаров. Москва, 2014. – 137 с.
16. Кутенев В.Ф., Козлов А.В., Теренченко А.С. Сопоставительный анализ отечественной и европейской методик оценки ущерба от загрязнения атмосферного воздуха автомобильным транспортом // Журнал автомобильных инженеров. 2009. № 5 (58). С. 46-51.

**Abramova Irina Olegovna**

Novosibirsk state technical university, Novosibirsk, Russia  
E-mail: irina.iceheart@yandex

**Murtazina Marina Shamil'evna**

Novosibirsk state technical university, Novosibirsk, Russia  
E-mail: murtazina@corp.nstu.ru

## **Green transport logistics as a tool for improving the economic activities of transport companies**

**Abstract.** The article is devoted to the problem of the negative impact of road freight transportation on the environment. Motor vehicles refer to mobile sources of emissions of pollutants into the air. In the structure of emissions of harmful substances the main volume is accounted for by carbon monoxide, carbons, nitrogen oxides and solid particles. Currently, more than two-thirds of the carbon dioxide emissions are accounted for specifically by road transport using motor vehicles. An important element of modern transport systems both nationally and internationally is logistics. The transport problem is one of the most sought-after optimization problems in logistics. Transport problem taking into account the negative impact on the environment is called the green transport problem. The classical transport problem focuses on minimizing economic costs for the carrier. The classical transport problem focuses on minimizing environmental costs.

The potential of green transport logistics as a tool for improving the economic activities of transport companies is explored in this paper. The article contains a historical review of research in the field of green logistics and a review of publications on green cargo transportation. Attention is focused on the application of economic and mathematical methods in the planning of transport company cargo. A historical overview of research in the field of green logistics is given in the paper. The review is based on the analysis of Russian and Foreign scientific publications. The approach to solving the green travelling salesman problem is presented by the authors in this paper. The article is illustrated by an example of solving the classical traveling salesman problem and solving of green traveling salesman problem.

**Keywords:** green transport logistics; transport cargo carriage; air pollution; hazardous substances emissions; transport problem; traveling salesman problem; green traveling salesman problem