



2.9.5 – эксплуатация автомобильного транспорта

**АНАЛИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ИНДИКАТОРОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ КАК ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА В КУРСКОЙ ОБЛАСТИ**

**ANALYSIS OF FUNCTIONAL INDICATORS OF INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS AS INDICATORS OF IMPROVING THE ENVIRONMENTAL SAFETY OF ROAD TRANSPORT IN THE KURSK REGION**

✉<sup>1</sup> Емельянов Иван Павлович,

к.т.н., доцент кафедры технологии материалов и транспорта, Юго-Западный государственный университет, г. Курск, e-mail: [yuzgu@yandex.ru](mailto:yuzgu@yandex.ru)

✉<sup>1</sup> Emelyanov Ivan Pavlovich,

candidate of technical sciences, associate professor of the department of materials technology and transport, South-Western state university, Kursk, e-mail: [yuzgu@yandex.ru](mailto:yuzgu@yandex.ru)

**Кирильчук Ираида Олеговна,**

к.т.н., доцент кафедры охраны труда и окружающей среды, Юго-Западный государственный университет, г. Курск, e-mail: [iraida585@mail.ru](mailto:iraida585@mail.ru)

**Kirilchuk Iraida Olegovna,**

candidate of technical sciences, associate professor of the department of occupational safety and environment, South-Western state university, Kursk, e-mail: [iraida585@mail.ru](mailto:iraida585@mail.ru)

**Барков Алексей Николаевич,**

к.т.н., доцент кафедры охраны труда и окружающей среды, Юго-Западный государственный университет, г. Курск, e-mail: [aleksebarkov@yandex.ru](mailto:aleksebarkov@yandex.ru)

**Barkov Alexey Nikolaevich,**

candidate of technical sciences, associate professor of the department of occupational safety and environment, South-Western state university, Kursk, e-mail: [aleksebarkov@yandex.ru](mailto:aleksebarkov@yandex.ru)

**Аннотация.** В статье представлен анализ современных исследований в области оценки антропогенного воздействия автотранспорта, включая выбросы загрязняющих веществ в воздушную среду, шумовое и вибрационное воздействие. При реализации мероприятий, направленных на снижение негативного воздействия автотранспорта, значительное внимание уделяется разработке и внедрению интеллектуальных транспортных систем (ИТС). Для оценки эффективности использования элементов ИТС в Курской области с точки зрения улучшения экологических показателей авторами проанализированы следующие функциональные индикаторы ИТС: массовый выброс загрязняющих веществ, содержащихся в выхлопных газах автомобилей;

**Annotation.** The article presents an analysis of modern research in the field of assessing the anthropogenic impact of motor transport, including emissions of pollutants into the air, noise and vibration impact. When implementing measures aimed at reducing the negative impact of motor transport, considerable attention is paid to the development and implementation of intelligent transport systems (ITS). To assess the effectiveness of using ITS elements in the Kursk region in terms of improving environmental performance, the authors analyzed the following functional indicators of ITS: mass emissions of pollutants contained in vehicle exhaust gases; noise level from traffic flow; CO and NOx concentration values. The conducted field studies and calculations indicate the high efficiency of ITS implementation to reduce the environmental load on sections of the road network.

уровень шума от транспортного потока; значения концентраций СО и NO<sub>x</sub>. Проведенные натурные исследования и расчеты свидетельствуют о высокой эффективности внедрения ИТС для снижения экологической нагрузки на участках дорожной сети.

**Ключевые слова:** ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА (ИТС), АВТОТРАНСПОРТ, ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА, ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ИНДИКАТОРЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ.

**Keywords:** INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEM (ITS), MOTOR TRANSPORT, ENVIRONMENT, ENVIRONMENTAL SAFETY, ENVIRONMENTAL SAFETY INDICATORS.

<sup>1</sup> Автор для ведения переписки

### 1 Состояние вопроса исследования и актуальность работы

В последние десятилетия наблюдается значительный рост негативного воздействия транспортного комплекса на окружающую среду урбанизированных территорий как в России, так и в других развитых странах. Функционирование различного вида транспорта сопровождается серьёзным техногенным воздействием, состоящим в химическом загрязнении компонентов окружающей среды, а также в виброакустическом, тепловом и электромагнитном воздействии.

Проблема транспортного комплекса как основного источника антропогенного загрязнения атмосферы рассматривалась в научных трудах большого количества российских и зарубежных учёных. В статьях Князева Д.К., Щукиной Т.В., Тамоновой О.С., Акуловой И.И., Гармонова К.В., Полосина И.И., Плотникова А.В., Сазонова Э.В., Пепиной Л.А., Созонтовой А.Н., Подгорновой Н.А. показано, что среди отраслей транспортного комплекса по степени возрастающего негативного воздействия на окружающую среду и здоровье населения лидирует автомобильный транспорт [1-6]. Так, в совокупном объёме выбросов загрязняющих атмосферу веществ около 50 % составляют выбросы передвижных источников. А во многих городах России доля выбросов автотранспорта может составлять величину до 80 % от общего количества выбросов в атмосферу. При этом согласно данным Росприроднадзора содержание загрязняющих веществ в атмосферном воздухе от автомобильного транспорта с каждым годом только возрастает [7]. Схожие тенденции характерны и для других развитых стран, что доказывают труды S. Grishin, O.V. Schiptsov, Aleksander Śladkowski, Jūratė Liebuviėnė и Kristina Čižiūnienė, Yu.N. Bezborodov, M.A. Kovaleva, A.N. Sokolnikov, V.G. Shram, E. Stawiarska [8-12].

Немаловажным фактором негативного воздействия, ведущим к ухудшению состояния, повреждению и разрушению объектов городской архитектуры, в том числе памятников истории и культуры, является транспортная вибрация, поскольку сплошное асфальтобетонное покрытие проезжей части и тротуаров при отсутствии разделительных полос и газонов в качестве средств естественного демпфирования передаёт вибрационные нагрузки на конструкции зданий и сооружений. Особые возражения вызывает также дорожное строительство без учёта экологических требований.

Шумовое воздействие автотранспорта также является одной из наиболее острых экологических проблем. Доля транспортного шума составляет примерно 80 % от общего шума в современном городе. Известно, что в России приблизительно 30 % городского населения подвержены существенному воздействию транспортного шума, превышающему нормативы. А вследствие постоянного увеличения численности легкового автотранспорта наблюдается постоянное увеличение шумового загрязнения территорий вблизи автомагистралей. Уровни шума вблизи домов, обращённых к крупным городским магистралям, составляют 70-79 дБ,

внутри зданий уровни шума составляют 60-68 дБ при норме 40 дБ. Причём зоны акустического дискомфорта в местах малоэтажной городской застройки распространяются на расстояние 150-300 метров от крупных автомагистралей [13].

Учитывая высокие темы автомобилизации, экологические исследования в данной области являются важной задачей современности, ключевую роль в решении которой играет разработка мероприятий, направленных на снижение вредного воздействия автотранспорта на окружающую среду.

Эти мероприятия должны иметь комплексный характер. При этом система транспортной безопасности в свете устойчивого экологического развития должна предусматривать совокупность действий, минимизирующих прямую (например, через ДТП) или косвенную (например, через химическое или шумовое загрязнение среды обитания) угрозу существования живым организмам.

## 2 Материалы и методы

В современных исследованиях рассматриваются два основных метода решения различных проблем автотранспортного комплекса, включая повышение его экологической безопасности [14]. Первый заключается в модернизации дорожной инфраструктуры, направленной на улучшение пропускной способности и повышение безопасности дорожной сети. Второй состоит в разработке и внедрении интеллектуальных транспортных систем (ИТС), обеспечивающих более эффективную эксплуатацию транспортной сети на основе информационных, коммуникационных и управленческих технологий, встроенных в транспортное средство или дорожную инфраструктуру.

При этом определение объектов модернизации, то есть участков дорожной сети, приоритетных для внедрения на них элементов ИТС, должно основываться на качественном и количественном анализе отработанных газов различных групп автотранспортных средств, осуществляющих движение на рассматриваемых объектах.

Выхлопные газы автомобильного транспорта содержат более 280 химических соединений, в том числе высокотоксичных. Усреднённый компонентный состав выбросов автотранспортных средств представлен на рис. 1.

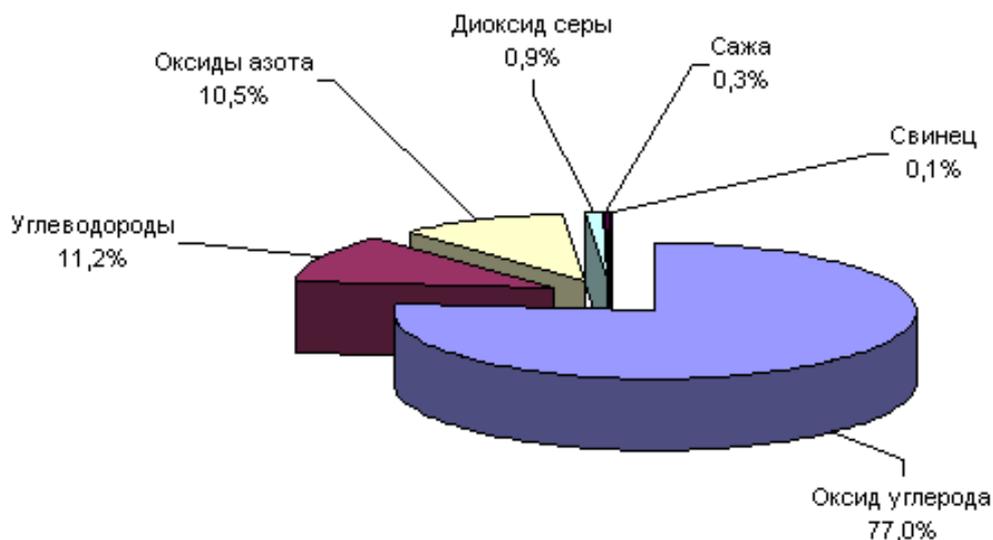


Рисунок 1 – Структура валового выброса в атмосферу от автотранспорта

Необходимо отметить, что для различных групп автомобилей удельные пробеговые выбросы загрязняющих веществ отличаются в значительной степени, что доказывают данные, представленные в табл. 1.

Таблица 1 – Удельные пробеговые выбросы загрязняющих веществ для различных групп автомобилей [15]

Наименование группы автомобилей	Выброс г/км						
	CO	NO <sub>x</sub> (в пересчете на NO <sub>2</sub> )	CH	Сажа	SO <sub>2</sub>	Формальдегид	Бенз(а)-пирен
Легковые	0,90	0,33	0,26	$0,55 \times 10^{-2}$	$0,66 \times 10^{-2}$	$1,50 \times 10^{-3}$	$0,18 \times 10^{-6}$
Автофургоны и микроавтобусы массой до 3,5 т	4,60	1,80	0,70	$3,70 \times 10^{-2}$	$1,40 \times 10^{-2}$	$2,50 \times 10^{-3}$	$0,20 \times 10^{-6}$
Грузовые массой от 3,5 до 12 т	5,30	6,40	1,50	0,37	$2,60 \times 10^{-2}$	$0,70 \times 10^{-2}$	$0,60 \times 10^{-6}$
Грузовые массой свыше 12 т	5,60	7,50	2,00	0,44	$3,90 \times 10^{-2}$	$0,80 \times 10^{-2}$	$0,73 \times 10^{-6}$
Автобусы массой свыше 3,5 т	3,90	4,70	0,50	0,15	$2,20 \times 10^{-2}$	$0,22 \times 10^{-2}$	$0,20 \times 10^{-6}$

Анализ данных таблицы свидетельствует о том, что основная масса загрязняющих веществ выделяется в наибольшем количестве грузовыми автомобилями. Таким образом, наиболее опасной зоной являются автомагистрали, по которым разрешён проезд указанного вида транспорта. Объем выбросов загрязняющих веществ от легковых автомобилей несколько меньше, однако в городах преобладающим видом транспорта является именно легковой автотранспорт, а также микроавтобусы, в связи с чем массовый выброс основных загрязняющих веществ от них может быть не только сопоставим с выбросом грузовых автомобилей, но зачастую превышать последний.

На величину выбросов загрязняющих веществ передвижными источниками значительное влияние оказывает режим работы двигателя автотранспортного средства. Так, например, при ускорении и торможении в выхлопных газах увеличивается содержание загрязняющих веществ почти в 8 раз [16]. Минимальное количество загрязнений выделяется при равномерном движении автомобиля со скоростью 60-80 км/ч (рис.2).

Помимо режима работы двигателя на содержание загрязняющих веществ в выхлопных газах автотранспорта также влияют рельеф и качество дорог, техническое состояние автотранспорта и др.

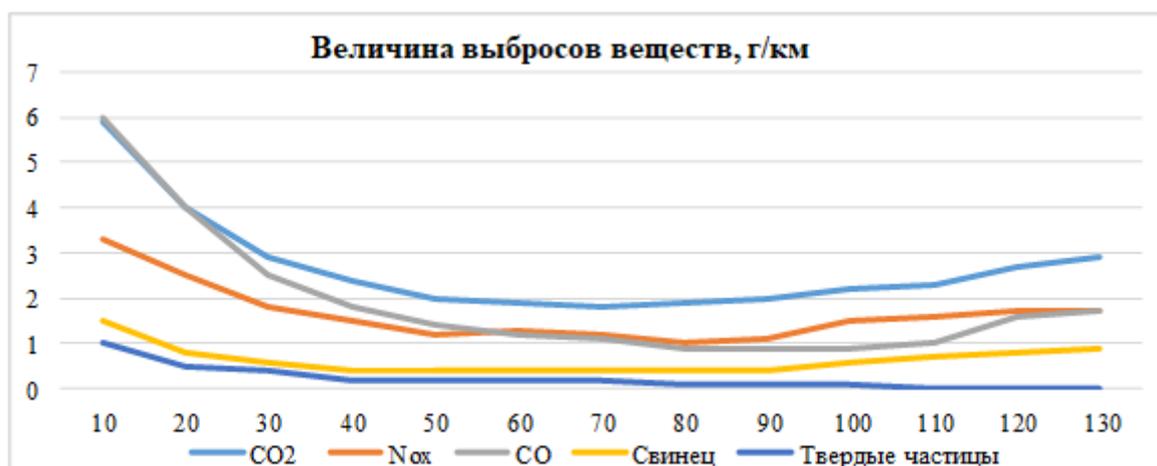


Рисунок 2 – Зависимость объема выбросов загрязняющих веществ от скорости движения автотранспортного средства

Помимо режима работы двигателя на содержание загрязняющих веществ в выхлопных газах автотранспорта также влияют рельеф и качество дорог, техническое состояние автотранспорта и др.

С 2020 года на территории Курской области приступили к разработке и внедрению локального проекта интеллектуальной транспортной системы. В рамках проекта на участке проспекта Ленинского Комсомола от трассы М2 до улицы Крюкова г. Курска развернут Макет платформы «Автодата» (пилотный проект НП «ГЛОНАСС» – «Умная дорога») [14], обеспечивающий автоматизированное управление дорожным движением по различным сценариям. В рамках данного исследования была проведена оценка эффективности использования Макета платформы «Автодата» на территории г. Курска с точки зрения улучшения экологических показателей в районах регулируемых перекрёстков.

### 3 Результаты исследований

Исходя из поставленной цели исследования необходимо оценить основные экологические показатели, на которые оказывает воздействие автомобильный транспорт до и после внедрения ИТС. В качестве таких показателей нами были рассмотрены:

- массовый выброс загрязняющих веществ, содержащихся в выхлопных газах автомобилей;
- уровень шума от транспортного потока.

Помимо указанных величин, на наш взгляд, необходимо проанализировать, значения концентраций СО и NO<sub>x</sub> как основных компонентов выхлопных газов автотранспортных средств, так как именно концентрации загрязняющих веществ лежат в основе санитарно-гигиенического нормирования, применяемого в РФ.

В соответствии с нормативно утверждёнными методиками, используемыми в РФ, в летние периоды 2021-2023 гг. были проведены натурные обследования автотранспортного потока, лежащие в основе расчёта массового выброса загрязняющих веществ, содержащихся в выхлопных газах автомобилей, а также исследования, направленные на измерения концентрации загрязнений, выбрасываемых автотранспортными средствами, и уровня шума от транспортного потока. На рис. 3 представлены точки исследования выбросов автотранспорта на карте г. Курска.



- 1 – пересечение пр. Ленинского Комсомола – Силикатный проезд (участок с ИТС);  
2 – пересечение пр. Ленинского Комсомола – ул. Крюкова; 3 – участок пр. Ленинского Комсомола

Рисунок 3 – Карта и точки исследования выбросов загрязняющих веществ

Состав движущегося потока можно разделить на следующие категории: легковые автомобили с бензиновым двигателем, легковые дизельные автомобили, грузовые бензиновые (ГК) меньше 3 тонн, микроавтобусы (МА), автобусы бензиновые (АК), грузовые дизельные

(ГД), автобусы дизельные (АД), грузовые газобалонные (ГТБ). На рис.4 представлен состав транспортного потока по указанным категориям.



Рисунок 4 – Состав транспортного потока на участке установки ИТС

Из диаграммы видно, что на данном участке дорожной сети преобладают легковые автомобили, однако из-за того, что пр. Ленинского Комсомола является дорогой для выезда из города, в составе транспортных средств содержится значительное количество как грузовых транспортных средств, так и междугородних автобусов.

По результатам полевых наблюдений автотранспортных потоков была рассчитана масса выброса оксида углерода и оксида азота согласно методике определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от передвижных источников для проведения сводных расчётов загрязнения атмосферного воздуха [17].

На рис. 5-8 представлены графики массового выброса загрязняющих веществ на перекрёстке пр. Ленинского Комсомола и Силикатного проезда и перекрёстке пр. Ленинского Комсомола и ул. Крюкова.

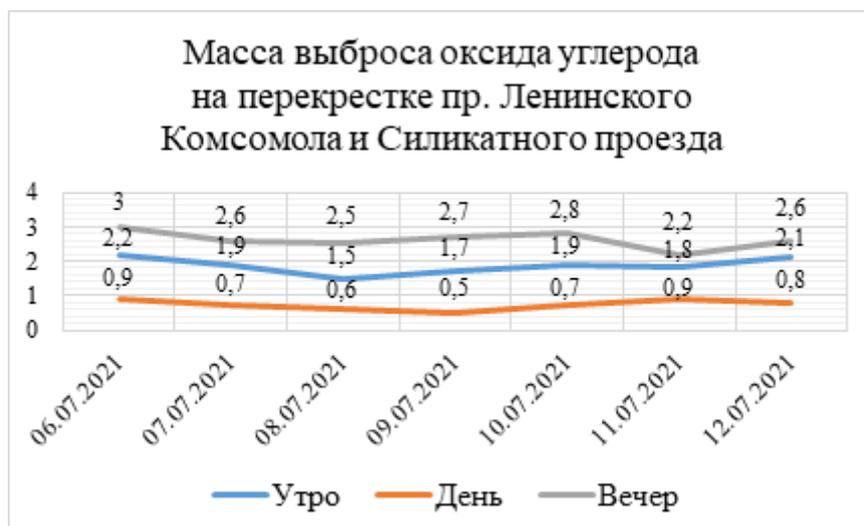


Рисунок 5 – Масса выброса оксида углерода на перекрёстке пр. Ленинского Комсомола и Силикатного проезда

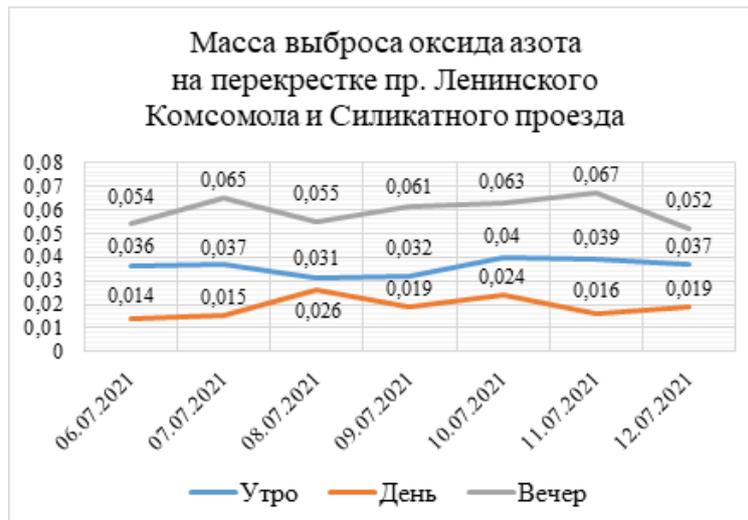


Рисунок 6 – Масса выброса оксида азота на перекрестке пр. Ленинского Комсомола и Силикатного проезда

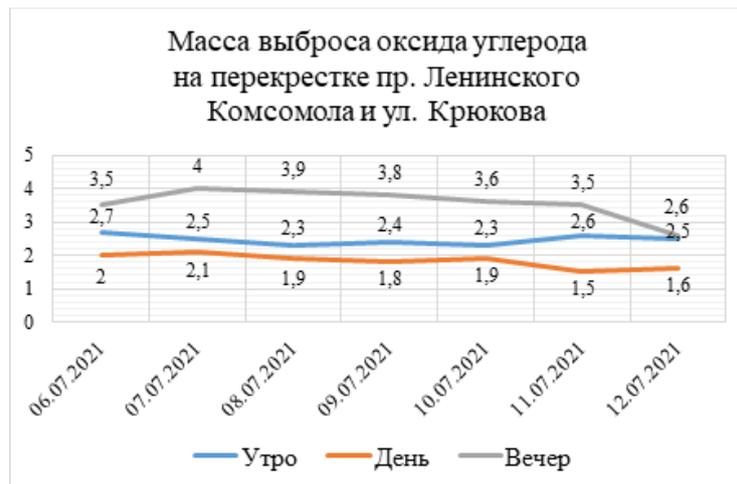


Рисунок 7 – Масса выброса оксида углерода на перекрестке пр. Ленинского Комсомола и ул. Крюкова

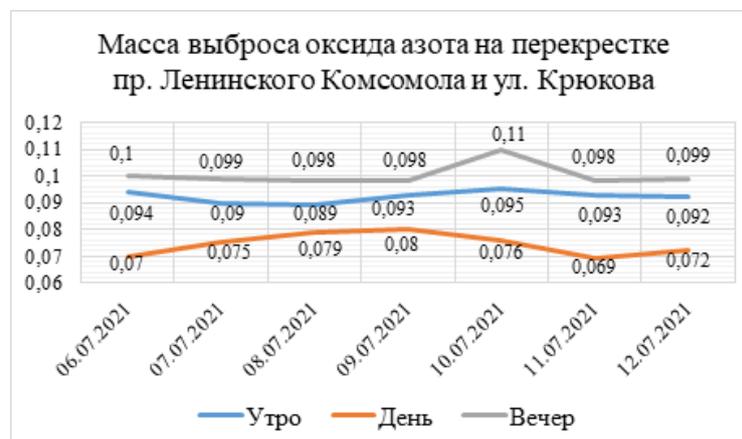


Рисунок 8 – Масса выброса оксида азота на перекрестке пр. Ленинского Комсомола и ул. Крюкова

При проведении натуральных обследований участков дорожной сети с использованием газоанализатора ЭЛАН были проведены замеры приземных концентраций рассматриваемых вредных веществ. Результаты замеров представлены на рис. 9.

Следует отметить, что большее количество выбросов приходится на ул. Крюкова, хотя число автомобилей сопоставимо с другими рассматриваемыми участками. Следовательно, отсутствие ИТС на перекрёстке с ул. Крюкова негативно сказывается на экологической ситуации, в то время как комплекс камер на перекрёстке пр. Ленинского Комсомола и Силикатного проезда, нацеленный на уменьшение простоя транспортных средств на запрещающем сигнале светофора, в значительной степени способствует снижению экологической нагрузки на данном перекрёстке.

При исследовании шумового загрязнения были проанализированы уровни шума в тех же точках, что и при измерении выбросов. Результаты замеров уровней шума представлены в табл. 2.

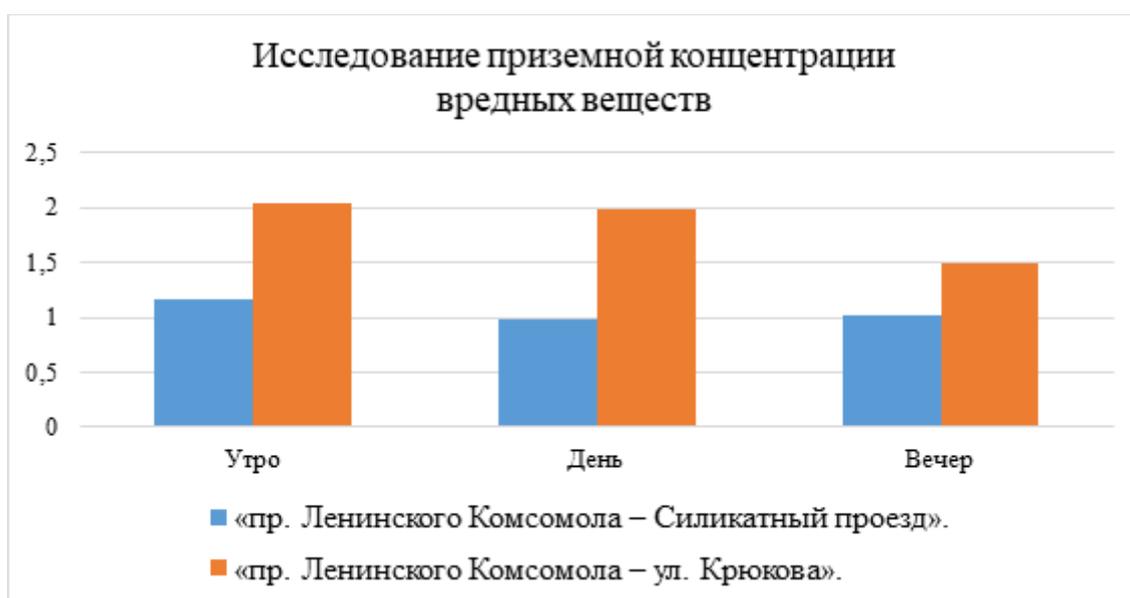


Рисунок 9 – Исследование приземной концентрации, мг/м<sup>3</sup> вредных веществ

Таблица 2 – Уровень шума на участках дорожной сети

№	Адрес точки замера уровня шума	Место замера	Уровень шума 7-9ч., дБ	Уровень шума 9-19ч., дБ	Уровень шума 19-23ч., дБ	Уровень шума 23-7ч., дБ
1	Пр. Ленинского Комсомола	Со стороны дороги	69,3	74,3	63,6	56,3
2	Перекрёсток пр. Ленинского Комсомола и Силикатного проезда	Со стороны дороги	72,3	79,3	74,3	63,2
3	Перекрёсток пр. Ленинского Комсомола и улицы Крюкова	Со стороны дороги	76,2	84,2	78,6	62,4

Результаты данных таблицы можно представить в виде карты шумового загрязнения (рис. 10).



Рисунок 10 – Карта шумового загрязнения на пр. Ленинского Комсомола

#### 4 Обсуждение и заключение

Таким образом, проведённые натурные исследования и расчёты свидетельствуют о высокой эффективности внедрения ИТС для снижения экологической нагрузки на участках дорожной сети. Так, установленный блок камер видеofиксации на пересечении Силикатного проезда и пр. Ленинского Комсомола обеспечивает высокую пропускную способность для автотранспортного потока посредством изменения продолжительности действия разрешающего сигнала светофора, вследствие чего уровень загрязнения окружающей среды снижается, по сравнению с пересечением улицы Крюкова и пр. Ленинского Комсомола.

Следовательно, величины массового выброса загрязняющих веществ, содержащихся в выхлопных газах автомобилей, уровня шума от транспортного потока, концентрации СО и NO<sub>x</sub> можно рассматривать в качестве функциональных и целевых индикаторов эффективности ИТС для улучшения экологических показателей автотранспортного комплекса.

#### Список литературы

- 1 Князев, Д. К. Экологические риски от автомобильного транспорта в городе-миллионнике // Вестник МГСУ. – 2019. – № 14 (10). – С. 1299-1308.
- 2 Щукина Т.В., Тамонова О.С., Акулова И.И. Оценка воздействия автотранспорта на экологию урбанизированных территорий и пути сокращения нагрузки транспортной системы мегаполиса // Экология и промышленность России. – 2017. – № 21 (4). – С. 36-41.
- 3 Гармонов К.В., Полосин И.И., Плотников А.В. Моделирование загрязнения окружающей природной среды вредными газообразными выбросами // Экология урбанизированных территорий. – 2015. – № 1. – С.12-14.
- 4 Сазонов, Э. В. Экология городской среды. – Москва: Издательство Юрайт, 2017. – 308 с.
- 5 Пепина Л. А., Созонтова А. Н. Загрязнение атмосферного воздуха автомобильнодорожным комплексом // Alfabuild. – 2017. – № 1 (1). – С. 99-100.
- 6 Подгорнова, Н. А. Экологические проблемы автомобильного транспорта и пути решения // Молодой ученый. – 2016. – № 22(2). – С. 48-50.
- 7 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.
- 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 Sładkowski A. Ecology in Transport: Problems and Solutions. Springer, Cham. 2020. P. 563. DOI: 10.1007/978-3-030-42323-0.
- 10 Liebuviene J., Čiziūnienė 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 SGEM2017. 2017. P. 51-60.

13 Анисимова А. И., Лебедева А. С. Исследование инноваций в сфере экологической безопасности транспорта мегаполиса // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия Экономика и экологический менеджмент. – 2020. – № 3. – С. 11-21.

14 Емельянов И. П., Кирильчук И. О., Барков А. Н., Персидская К. А. Использование интеллектуальных транспортных систем для повышения экологической безопасности автомобильного транспорта в Курской области // Мир транспорта и технологических машин. 2023. – № 1-1(80). – С. 103-111. – DOI 10.33979/2073-7432-2023-1(80)-1-103-111.

15 ГОСТ Р 56162—2019. Метод расчета количества выбросов загрязняющих веществ в атмосферу потоками автотранспортных средств на автомобильных дорогах разной категории. Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 17 сентября 2019 г. N9 694-ст.

16 Пыталева О. А., Фридрихсон О. В., Бердашкевич С. М. Исследование экологического аспекта при организации транспортных потоков в городах (на примере города Магнитогорска) // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2016. Т.6. С. 58-64. DOI: 10.18503/2222-9396-2016-6-1-58-64.

17 Приказ № 804 от 27 ноября 2019 г. «Об утверждении методики определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от передвижных источников для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха».

#### References

1 Knyazev D.K. [Environmental risks from road transport in the city of a million people]. Vestnik MGSU. [Bulletin of the MSU]. 2019; 14 (10): 1299-1308. (In Russ.).

2 Shchukina T.V., Tamonova O.S., Akulova I.I. [Assessment of the impact of motor transport on the ecology of urbanized territories and ways to reduce the load of the megapolis transport system]. Ekologiya i promyshlennost' Rossii. [Ecology and Industry of Russia]. 2017; 21 (4): 36-41. (In Russ.).

3 Garmonov K.V., Polosin I.I., Plotnikov A.V. [Modeling of environmental pollution by harmful gaseous emissions]. Ekologiya urbanizirovannykh territorii. [Ecology of urbanized territories]. 2015; 1: 12-14. (In Russ.).

4 Sazonov E.V. [Ecology of the urban environment]. Moskva: Izdatel'stvo Yurait; 2017. (In Russ.).

5 Pepina L.A., Sozontova A.N. [Pollution of atmospheric air by automobile and road complex]. Alfabuild. 2017; 1(1): 99-100. (In Russ.).

6 Podgornova N.A.[Ecological problems of automobile transport and ways of solution]. Molodoi uchenyi. [Young scientist]. 2016; 22(2): 48-50. (In Russ.).

7 Tuzov K.A., Sabel'nikov I.I.[Ecology and economy: dynamics of air pollution in the country on the eve of the ratification of the Paris Agreement]. Byulleten' o tekushchikh tendentsiyakh rossiiskoi ekonomik. [Bulletin on current trends in the Russian economy]. 2019; 52: 24. (In Russ.).

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». 2009: 37-44.

9 Śladkowski A. Ecology in Transport: Problems and Solutions. Springer, Cham. 2020: 563. DOI: 10.1007/978-3-030-42323-0.

10 Liebuviene J., Čižiūnienė K. Ensuring ecology of cargo transportation by road transport. International Journal of Learning and Change (IJLC). 2019;11(3): 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 SGEM2017. 2017. P. 51-60

13 Anisimova A. I., Lebedeva A. S. [Research of innovations in the sphere of ecological safety of megapolis transport]. Nauchnyi zhurnal NIU ITMO. Seriya Ekonomika i ekologicheskii menedzhment. [Scientific Journal of the National Research University ITMO. Series Economics and Environmental Management]. 2020; 3: 11-21. DOI: 10.17586/2310-1172-2020-13-3-11-21 (In Russ.).

14 Yemelyanov I. P., Kirilchuk I. O., Barkov A. N., Persidskaya K. A. Use of intelligent transport systems to improve the environmental safety of road transport in the Kursk region // World of transport and technological machines. 2023. No. 1-1 (80). P. 103-111. – DOI 10.33979/2073-7432-2023-1 (80) -1-103-111. (In Russ.).

15 GOST R 56162-2019. Method for calculating the amount of emissions of pollutants into the atmosphere by flows of motor vehicles on roads of different categories. Approved and put into effect by Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology of September 17, 2019 N9 694-st (In Russ.).

16 Pytaleva O.A., Fridrikhson O.V., Berdashkevich S.M. [The study of the ecological aspect in the organization of transport flows in cities (on the example of the city of Magnitogorsk)]. Sovremennye problemy transportnogo kompleksa Rossii. [Modern problems of the transport complex of Russia]. 2016; 6: 58-64. DOI: 10.18503/2222-9396-2016-6-1-58-64 (In Russ.).

17 Order No. 804 of November 27, 2019 "On approval of the methodology for determining emissions of pollutants into the atmospheric air from mobile sources for conducting consolidated calculations of atmospheric air pollution".

© Емельянов И. П., Кирильчук И. О., Барков А. Н., 2024