

УДК 504.3.054 : 629.331

DOI: <https://doi.org/10.26456/2226-7719-2023-1-69-77>

РАСЧЕТ ВЫБРОСОВ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА В АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ТВЕРИ)

Д.Д. Черемухин, О.А. Тихомиров, Л.В. Муравьева

ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», г. Тверь

На основе авторских данных и выполненных расчетов проведен анализ интенсивности движения автомобильного транспорта в пределах г. Твери. Выполнены расчеты уровня загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха согласно утвержденной методике ГОСТ Р 56162–2019, а также расчет рассеивания с использованием программы УПРЗА «Эколог».

***Ключевые слова:** атмосферный воздух, выбросы загрязняющих веществ, автомобильный транспорт*

Введение и постановка проблемы

Транспорт представляет собой одну из наиболее существенных групп загрязнителей атмосферного воздуха. Согласно данным о распределении объема выбросов по федеральным округам России, в Центральном федеральном округе доля выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от передвижных источников составляет 43% [1]. Развитие автомобильного транспорта за последние десятилетия привело к заметному увеличению его прямого и косвенного воздействия практически на все составляющие биосферы.

За последние 10 лет парк легковых автомобилей в России активно рос и увеличился с 27 млн единиц в начале 2006 г. до 53 млн к 2021 г. Среди регионов Центрального федерального округа по числу собственных легковых автомобилей на 1000 человек населения Тверская область на 1 месте, превышая среднероссийский уровень – 321 автомобиль на 1 000 жителей (401,2 транспортных средства на 1000 жителей) [3].

Увеличение числа автомобилей в регионе и рост доли выбросов загрязняющих веществ, в первую очередь в пределах г. Твери, определяет актуальность исследования. В местах проведения исследования расположена жилая застройка, где проживает население, непосредственно подверженное влиянию выбросов загрязняющих веществ, которые попадают в зону дыхания человека.

Целью исследования является изучение влияния автомобильного транспорта на состояние атмосферного воздуха г. Твери. В задачи работы вошли:

© Черемухин Д.Д.,
Тихомиров О.А.,
Муравьева Л.В., 2023

- Анализ дорожной ситуации в городе Твери (выбор точек мониторинга);
- Расчет объемов выбросов загрязняющих веществ автотранспортом.

Методика исследования:

Для проведения расчета уровня загрязнения атмосферного воздуха выбросами автомобильного транспорта необходимо определить точки мониторинга за движением автомобилей. Так как город разделен естественными преградами в виде рек, прежде всего Волги, Тверцы и Тьмаки, а также железнодорожной линией, возникает проблема недостаточной связанности части районов города между собой. Следствием этого является затрудненное дорожное движение в часы «пик», и, соответственно, повышенное количество выбросов загрязняющих веществ на ряде магистралей.

Учитывая сложившуюся дорожную ситуацию, в ходе исследования были определены точки с наибольшей интенсивностью движения, в которых впоследствии и проводились замеры автотранспортных потоков для расчета объемов выбросов загрязняющих веществ.

Метод расчета выбросов от автотранспорта основывался на утвержденном межгосударственном стандарте – ГОСТ Р 56162–2019 «Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу». В результате проведенных расчетов определено содержание выбросов загрязняющих веществ (оксида углерода, оксидов азота, углеводородов, сажи, диоксида серы, формальдегида, бензапирена) с использованием представленных в методике формул.

После проведенного расчета выбросов загрязняющих веществ, полученные результаты были занесены в компьютерную программу УПРЗА «Эколог» с целью определения непосредственного объема выбросов в приземном слое атмосферного воздуха (в мг/м³) и сравнения результатов с установленными предельно-допустимыми концентрациями содержания загрязняющих веществ. Программа предназначена для проведения расчетов рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и позволяет рассчитать максимальные приземные концентрации загрязняющих веществ в атмосфере без учета влияния застройки в соответствии с Методами МРР-2017 и ОНД-86 [2]. Расчет проводился согласно методике, утвержденной приказом министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 6 июня 2017 года № 273 «Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе» (методика МРР-2017). В качестве исходных данных программа УПРЗА «Эколог» использует предварительно рассчитанные мощности выбросов загрязняющих веществ, полученные путем измерений на источнике или расчетным путем [2]. Результатом расчета являются значения приземных

концентраций в расчетных точках в $\text{мг}/\text{м}^3$ или в долях ПДК. Кроме того, существует возможность построения карт изолиний приземных концентраций вредных веществ на местности в любом заданном пользователем масштабе.

Расчет рассеивания выполнялся для 6 веществ, являющихся наиболее распространенными при эксплуатации автомобильного транспорта: азота диоксид (азот (IV) оксид) (код 301), углерод (Сажа) (код 328), серы диоксид (ангидрид сернистый) (код 330), углерода оксид (код 337), смесь углеводородов предельных C1-C5 (код 415), формальдегид (код 1325).

Для расчета рассеивания выбросов загрязняющих веществ были выбраны 2 наиболее загруженных перекрестка по результатам проведенного исследования: пересечение Волоколамского проспекта с проспектом Победы и пересечение Комсомольского проспекта с улицей Горького. Расчет в точках был проведен для утренних и вечерних пиковых часов и в обеденное время (8:30, 12:30, 17:30).

Результаты исследования

В ходе проведения расчета рассеивания выбросов загрязняющих веществ во всех точках сформировалась единообразная картина вклада химических веществ в загрязнение атмосферного воздуха. В зонах наиболее высокого скопления автомобильного транспорта в пределах перекрестков зафиксированы максимальные концентрации загрязняющих веществ. На рис.1 представлена диаграмма средних показателей максимально-разовых предельно-допустимых концентраций загрязняющих веществ в точках проведения расчетов.

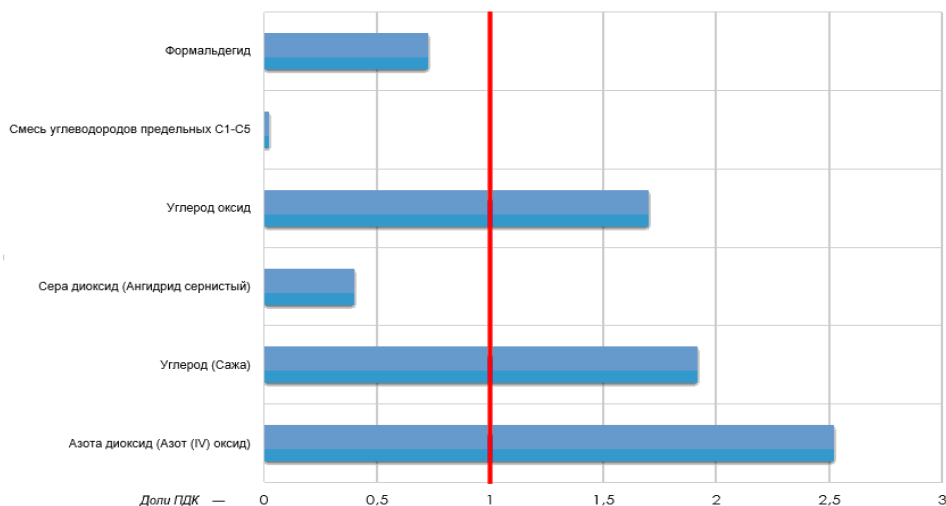


Рис. 1. Максимально-разовые концентрации загрязняющих веществ в долях ПДК (м.р.) в точках проведения расчетов

Наибольший вклад в загрязнение атмосферного воздуха вносит диоксид азота. Во всех точках во все периоды времени (утреннее, дневное, вечернее) зафиксировано превышение предельно-допустимых концентраций данного вещества (от 1,60 до 3,09 ПДК м.р.). Кроме того, помимо диоксида азота во всех случаях превышены максимально-разовые ПДК по содержанию оксида углерода, но в меньших количествах по сравнению с диоксидом азота (1,16–2,62 ПДК (м.р.). Содержание углерода (сажи) в зависимости от времени и точки проведения расчета колеблется от 0,9 до 2,5 ПДК (м.р.). Содержание таких веществ, как сернистый ангидрид, смесь предельных углеводородов, не превышала установленные нормативы ни в одном из вариантов расчетов, превышение ПДК по формальдегиду зафиксировано только в одном из случаев.

Максимальные уровни загрязнения атмосферного воздуха на данном перекрестке фиксируются в пиковые часы – утром и вечером. Превышения предельно-допустимых концентраций выявлены по таким веществам, как диоксид азота (Азот (IV) оксид), углерод (сажа), оксид углерода, формальдегид.

В утренний час «пик» наибольший вклад в загрязнения вносит диоксид азота (максимальная концентрация – 0,57 мг/м³ или 2,84 ПДК), оксид углерода (максимальная концентрация – 13,1 мг/м³ или 2,62 ПДК), углерод (сажа) (максимальная концентрация – 0,34 мг/м³ или 2,29 ПДК). Вклад остальных веществ не так велик, превышений ПДК для смеси углеводородов, диоксида серы (ангидрида сернистого) и формальдегида в указанный период времени не установлено.

В табл. 1, сформированной на основе данных компьютерной программы «Эколог 4.60», отображены результаты расчета рассеивания выбросов загрязняющих веществ на пересечении Волоколамского проспекта с проспектом Победы в вечерний час «пик».

Таблица 1

Результаты расчета рассеивания выбросов загрязняющих веществ на пересечении Волоколамского проспекта и проспекта Победы

Код	Наименование вещества	ПДК, мг/м ³	Максимальная концентрация (доли ПДК)	Максимальная концентрация (мг/м ³)
301	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	0,2	3,09	0,62
328	Углерод (Сажа)	0,15	1,90	0,29
330	Сера диоксид (Ангидрид сернистый)	0,5	0,21	0,10
337	Углерод оксид	5	2,28	11,39
415	Смесь углеводородов предельных C1-C5	200	0,01	2,43
1325	Формальдегид	0,05	0,20	0,01

Для каждого из веществ в программе «Эколог 4.60» существует возможность создания карты-схемы рассеивания выбросов загрязняющего вещества. На рис. 2 представлен результат расчета рассеивания выбросов оксида углерода в вечерний час «пик».

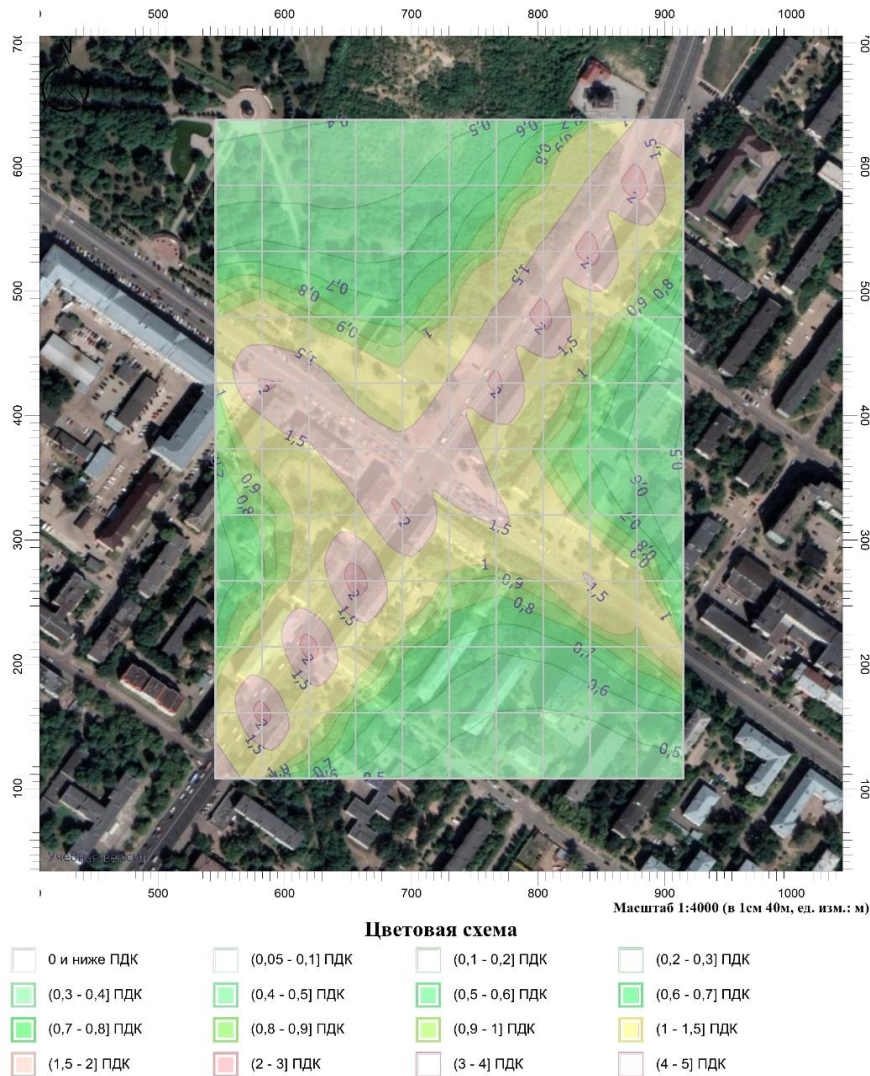


Рис. 2. Рассеивание выбросов оксида углерода в период вечернего часа «пик» на пересечении Волоколамского проспекта с проспектом Победы

Как и в случае с другими веществами, максимальные концентрации наблюдаются в пределах проезжей части дороги. Вместе с тем, порог превышения ПДК находится на значительном (около 50 м) расстоянии от центра проезжей части и затрагивает окружающую жилую застройку. Основная масса выбросов пролегает вдоль Волоколамского проспекта и вдоль проспекта Победы на его западном участке, что

связано с пиковыми нагрузками на улично-дорожную сеть в конце рабочего дня.

Максимальные уровни загрязнения атмосферного воздуха на пересечении Комсомольского проспекта и улицы Горького фиксируются в пиковые часы. Превышения предельно-допустимых концентраций выявлены по таким веществам, как диоксид азота (Азот (IV) оксид), углерод (сажа), оксид углерода, формальдегид.

В табл. 2 представлены результаты расчета рассеивания выбросов загрязняющих веществ на пересечении Комсомольского проспекта с улицей Горького в утренний час «пик».

Таблица 2
Результаты расчета рассеивания выбросов загрязняющих веществ на пересечении Комсомольского проспекта и ул. Горького

Код	Наименование вещества	ПДК, мг/м ³	Максимальная концентрация (доли ПДК)	Максимальная концентрация, мг/м ³
301	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	0,2	2,99	0,60
328	Углерод (Сажа)	0,15	2,53	0,37
330	Сера диоксид (Ангидрид сернистый)	0,5	0,47	0,23
337	Углерод оксид	5	1,50	7,00
415	Смесь углеводородов предельных C1-C5	200	0,03	5,91
1325	Формальдегид	0,05	1,50	0,07

Во все временные периоды наибольший вклад в загрязнения вносит диоксид азота (максимальная концентрация – 0,60 мг/м³ или 2,99 ПДК в утренний час «пик»), оксид углерода (максимальная концентрация – 7,30 мг/м³ или 1,50 ПДК в вечерний час «пик»), углерод (сажа) (максимальная концентрация – 0,37 мг/м³ или 2,53 ПДК в утренний час «пик»). Кроме того, в утренний период также зафиксировано превышение ПДК по формальдегиду (0,07 мг/м³ или 1,5 ПДК). Превышений установленных нормативов для смеси углеводородов и диоксида серы (ангидрида сернистого) на данном перекрестке не установлено.

На рис. 3 представлены результаты расчета рассеивания по формальдегиду в утренний час «пик». Максимальные концентрации, превышающие установленные нормативы, наблюдаются в западной части улицы Горького в пределах проезжей части дороги.

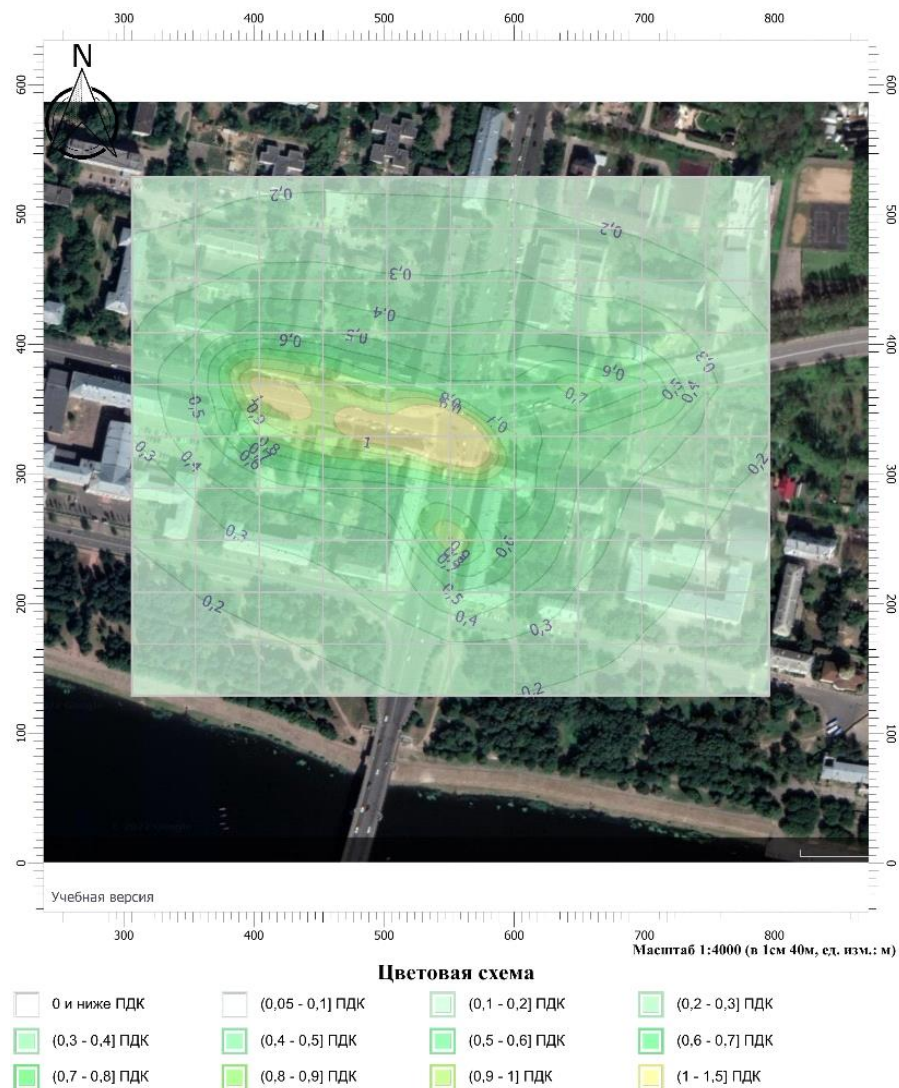


Рис. 3. Рассеивание выбросов формальдегида в период утреннего часа «пик» на пересечении Комсомольского проспекта с улицей Горького

Выводы

В ходе исследования был произведен расчет рассеивания выбросов загрязняющих веществ в атмосферном воздухе с целью определения непосредственного объема выбросов в приземном слое атмосферного воздуха (в $\text{мг}/\text{м}^3$) и сравнения полученных результатов с установленными предельно-допустимыми концентрациями содержания загрязняющих веществ.

Расчет рассеивания был выполнен для двух наиболее загруженных перекрестков города Твери (выбранных в результате

натурного обследования автотранспортных потоков): пересечения Комсомольского проспекта с улицей Горького и пересечения Волоколамского проспекта с проспектом Победы.

По результатам расчетов на данных перекрестках установлены превышения предельно-допустимых концентраций диоксида азота (от 1,60 до 3,09 ПДК м.р.), оксида углерода (1,16–2,62 ПДК м.р.), углерода (сажи) (от 0,9 до 2,5 ПДК м.р.). Максимальные концентрации веществ фиксируются в пределах проезжей части дороги и, в отдельных случаях, распространяются на зону жилой застройки.

Список литературы

1. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2020 году. М.: Минприроды России; МГУ имени М.В. Ломоносова, 2021. 864 с.
2. Фирма «Интеграл», программа УПРЗА «Эколог», руководство пользователя [Электронный ресурс] / Фирма «Интеграл». 2021. Режим доступа: https://integral.ru/Integral/userguides/uprza_ecolog45.pdf (дата обращения: 15.08.2022).
3. Число собственных легковых автомобилей по субъектам Российской Федерации (на 1000 человек населения) [Электронный ресурс] / Федеральная служба государственной статистики. 2021. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/DDFfgtCb/t3-4.xlsc> (дата обращения: 15.08.2022).

Об авторах:

ЧЕРЕМУХИН Дмитрий Дмитриевич – аспирант кафедры физической географии и экологии. ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет» (170021, г. Тверь-21, Прошина, д. 3 корп.2, e-mail: ddcheremuhin@edu.tversu.ru), ORCID: 0000-0003-1002-6741. SPIN-код: 7344-5002.

ТИХОМИРОВ Олег Алексеевич – доктор географических наук, профессор кафедры физической географии и экологии. ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет» (170021, г. Тверь-21, Прошина, д. 3 корп.2, e-mail: tikhomirovoa@mail.ru), ORCID: 0000-0002-6564-2077, SPIN-код: 2586-8054.

МУРАВЬЕВА Любовь Валерьевна – кандидат географических наук, доцент кафедры физической географии и экологии ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет» (170021, г. Тверь-21, Прошина, д. 3 корп.2, e-mail: lmuraviova@mail.ru), ORCID: 0000-0002-6434-2056, SPIN-код: 4091-7957.

CALCULATION OF AUTOMOBILE TRANSPORT EMISSIONS INTO ATMOSPHERIC AIR (ON THE EXAMPLE OF THE CITY OF TVER)

D.D. Cheremukhin, O.A. Tikhomirov, L.V. Muraveva

Tver State University, Tver

Based on our own collected data and performed calculations in 2022. The analysis of the intensity of traffic of motor transport within the city of Tver was carried out, calculations of the level of pollution of the surface layer of atmospheric air were performed according to the approved methodology. The calculation of dispersion was performed using the software program "Ecolog".

Keywords: *air, emissions of pollutants, motor transport*

Рукопись поступила в редакцию 15.01.2023

Рукопись принята к печати 24.01.2023