

DOI: 10.15593/2409-5125/2024.01.05

УДК 614.715: 625.739

**Е.В. Колесникова, А.А. Музалевская**

Российский государственный гидрометеорологический университет

## **ВЛИЯНИЕ АВТОТРАНСПОРТА НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА САНКТ-ПЕТЕРБУРГА**

Проведён анализ влияния выбросов загрязняющих веществ от автомобильного транспорта на формирование пространственно-временного поля загрязнения атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге. Санкт-Петербург относится к числу городов, где выбросы от автотранспорта преобладают над выбросами от стационарных источников загрязнения. Темп автомобилизации населения Санкт-Петербурга растёт с каждым годом и вместе с этим увеличивается количество выбросов от автотранспорта в атмосферный воздух. Концентрации загрязняющих веществ, поступающие с выбросами, даже если они не превышают предельно-допустимые значения, приводят к хроническому риску для здоровья населения.

Проведены исследования особенностей формирования пространственно-временных полей загрязнения атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге. Сделан анализ многолетних и внутригодовых трендов загрязнения атмосферного воздуха города выбросами от автотранспорта. Материалами исследования послужили данные ежедневных измерений концентраций загрязняющих веществ по 25 станциям наблюдения, распределённых по всей территории Санкт-Петербурга.

Для проведения исследований в работе использовались такие методы, как статистический и картографический анализ, а также анализ литературных источников по данной тематике. Выполнен картографический анализ загрязнения атмосферного воздуха Санкт-Петербурга путем создания интерполированных карт в программе QGIS. Для четырёх сезонов года составлены сезонные карты загрязнения атмосферного воздуха такими компонентами выбросов от автотранспорта, как оксид углерода, оксид и диоксид азота и диоксид серы. Выявлены закономерности пространственного распределения загрязняющих веществ в условиях города, показаны зоны устойчивого загрязнения атмосферного воздуха.

**Ключевые слова:** оксид углерода, оксид азота, диоксид серы, атмосферный воздух, выбросы автотранспорта, загрязнение воздуха.

Проблема загрязнения атмосферного воздуха выбросами от автомобильного транспорта (АТ) в настоящее время является одной из ведущих. По данным Федеральной службы государственной статистики за 2021 г. Санкт-Петербург относится к числу городов, где выбросы от АТ преобладают над выбросами от стационарных источников загрязнения. Отработанные газы двигателей автомобилей даже при концентрациях, не превышающих предельно допустимую концентрацию

(ПДК), создают хронический риск здоровью населения, который может реализоваться через годы проживания в городской среде [1, 2].

В то же время процесс формирования пространственно-временной динамики загрязнения в приземном слое мегаполиса сложный и многофакторный [3, 4]. Изменчивость полей концентраций имеет ряд специфических особенностей, обусловленных мобильностью и неоднородностью источников выбросов, выраженной нестационарностью их функционирования [5]. Специальные, грузовые и легковые автомобили значительно отличаются количественными и качественными характеристиками выбросов. На режим поступления загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферу также влияют соответствие двигателей экологическим стандартам (Евро), скорость и режим движения, погодные условия и другие факторы [6, 7].

Целью работы стал анализ влияния выбросов ЗВ от АТ на формирование пространственно-временного поля загрязнения атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге. Задачи работы связаны с исследованием особенностей формирования загрязнения атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге, анализом многолетних и внутригодовых трендов загрязнения атмосферного воздуха города выбросами АТ, а также с выявлением закономерностей пространственного распределения ЗВ в условиях города и выявлением зон устойчивого загрязнения атмосферного воздуха.

В работе проведён анализ данных ежедневных измерений концентраций ЗВ по 25 станциям наблюдения, распределённым по всей территории Санкт-Петербурга за 2021 г.

Санкт-Петербург как объект исследования характеризуется интенсивным движением и регулярными заторами АТ. Город находится на восточном берегу Финского залива, его исторический и деловой центр занимает речную дельту Невы. Это обусловило использование мостов через реки и каналы Санкт-Петербурга. На техническом содержании СПб ГБУ «Мостотрест» находятся 447 мостов, большая часть из которых обеспечивает проезд АТ. В то же время при постоянно растущем количестве автомобилей северная Венеция испытывает острую нехватку мостов. Постоянные заторы АТ образуются еще на подъездах практически ко всем мостам, что в дополнение к обычным проблемам низкой пропускной способности перекрестков создает дополнительные предпосылки к скоплению АТ.

Климат Санкт-Петербурга является переходным от умеренно-континентального к умеренно-морскому. Черты морского климата проявляются в большой относительной влажности воздуха, умеренно теплом и влажным лете, умеренно холодной зиме с сильно развитой циклонической деятельностью, что приводит к частой смене воздушных масс [8].

По преобладающим направлениям ветра в среднем за год город заметно чаще продувается ветрами западных и юго-западных направлений. Вследствие этого над западными и юго-западными районами города формируются более чистые воздушные массы. На территории Санкт-Петербурга часто наблюдаются сильные ветры и лишь несколько дней в году в городе штиль, когда скорость ветра составляет 0 м/с.

Таким образом, климатические условия Санкт-Петербурга, влияющие на уровень загрязнения атмосферного воздуха, более благоприятны, чем в среднем по городам России. Так, сильные ветры, высокая влажность и частые осадки способствуют очищению атмосферного воздуха от взвешенных загрязняющих частиц.

**Материалы и методы.** В Санкт-Петербурге действуют три вида постов наблюдений за качеством атмосферного воздуха: стационарные, маршрутные и автоматизированные [9, 10]. Для исследования были взяты данные автоматизированной системы мониторинга, которая является проектом Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Санкт-Петербурга. В данную систему входит 25 станций автоматического наблюдения за качеством воздуха, расположенных во всех 18 районах города. Заборы проб воздуха проводятся на высоте 2 м каждые 20 мин.

В качестве предмета исследования обработаны и проанализированы данные по ежедневным концентрациям основных компонентов выбросов АТ, таких как оксид углерода CO, оксид NO и диоксид азота NO<sub>2</sub> и диоксид серы SO<sub>2</sub>.

Для анализа пространственно-временной динамики загрязнения воздушной среды города применялся картографический анализ. Для четырёх ЗВ были обработаны ежедневные значения концентраций и получены их среднемесячные значения за 2021 г. по 25 постам наблюдений.

Карты концентраций четырёх ЗВ в приземном слое составлялись для четырёх сезонов года. Работа выполнялась с помощью программы QGIS (Open source desktop geographic information system software). Для

моделирования значений концентраций ЗВ между 25 станциями наблюдения использована функция интерполяции по методу обратно взвешенных расстояний (Inverse Distance Weighting, IDW). Метод ОВР основан на том, что значения в ближних точках оказывают более сильное влияние на исследуемое значение, нежели значения в точках, которые расположены удаленно. Интерполяция осуществляется по известным значениям. Точкам, расположенным ближе к оцениваемой, присваивается больший вес, чем тем, которые расположены дальше. Оцениваемое значение точки в некотором местоположении рассчитывается по нижеприведенной формуле. Веса пропорциональны обратному расстоянию, возведенному в степень  $p$ . В результате по мере увеличения расстояния веса быстро уменьшаются. Скорость уменьшения весов зависит от значения  $p$  [11, 12], подобранных из предположения, что степень загрязнения атмосферного воздуха быстро уменьшается при удалении от его источника.

$$z(s_0) = \sum_{i=1}^m w_i z(s_i) = \frac{\sum_{i=1}^m z(s_i) d_{0i}^{-p}}{\sum_{j=1}^m d_{0j}^{-p}},$$

где  $z(s_0)$  – оцениваемое значение точки в некотором местоположении  $s_0$ ;  
 $z(s_1), z(s_2), \dots, z(s_m)$  – значения опорных точек;  
 $m$  – число измеренных ячеек, участвующих в интерполяции;  
 $w_i$  – вес измеренного значения ячейки  $i$ .

**Результаты и обсуждение.** Анализ ежегодных данных показал, что уровень загрязнения атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге начиная с 2001 г. сохраняется на уровне прошлых лет или имеет слабую тенденцию к снижению. Концентрации ЗВ, как правило, не превышают ПДК, однако по отдельным пробам бывают исключения [13].

В Санкт-Петербурге протяженность дорог общего пользования составляет 3 536 км, 75 км из них – это дороги федерального значения. Плотность улично-дорожной сети (УДС) по территории города значительно различается. Современный показатель плотности УДС в семи административных районах из восемнадцати и в среднем по городу ниже рекомендуемого в региональных нормативах градостроительного проектирования (РНГП). В городе практически отсутствует прирост УДС. Однако имеет место рост общей площади дорожных сооружений

и площади их проезжей части, что происходит прежде всего за счет реконструкции элементов УДС [14].

В исторически старых районах плотность УДС наиболее высокая: Адмиралтейский – 7,3, Центральный – 7,1, Петроградский – 6,3 км/км<sup>2</sup>. Пригородные районы характеризуются низкой плотностью УДС из-за менее плотной застройки, состоящей из отдельных жилых образований, соединенных сетью дорог (Курортный, Пушкинский, Колпинский районы). Периферийные районы города, граничащие с крупными промышленными территориями, характеризуются средней плотностью УДС (от 3,1 до 5,0 км/км<sup>2</sup>). К таким районам относятся Калининский, Кировский, Красносельский, Красногвардейский, Московский, Выборгский и Невский. Такая разница в плотности УДС способствует образованию заторов АТ на 245 перекрестках города, что составляет 20 % от общего количества пересечений. Особенно остро проблема стоит в так называемые часы пик. Затруднённое движение в Санкт-Петербурге как правило продолжается с 7:30 до 10:30 и с 17:00 до 20:30 в периферийных районах, а в центре с 8:30 до 22:00.

Также постоянно наблюдаются пробки на границе города при въезде из областных кварталов новостроек. Практически все развязки Кольцевой автомобильной дороги (КАД) перегружены автомобилями. Так, из района Кудрово все выезды завязаны на одну улицу Центральную. В районе станции метро Девяткино всего один выезд на КАД, к которому ведёт узкая двухполосная дорога. Похожая ситуация сложилась и в Мурино – от него до КАД ведет всего две дороги. Не лучше ситуация и при въезде из новостроек района Парнас. Еще одна проблемная зона – поселок Шушары, к которому ведёт только улица Пушкинская, которая в часы пик всегда перегружена. Регулярно стоят в заторах Шлиссельбургский проспект в Рыбацком и Советский проспект в Усть-Славянке.

В часы пик скорость АТ в среднем по центральным районам города составляет всего 10–15 км/ч, в пределах плотной застройки – 20–26 км/ч, а на заторовых направлениях – всего 6–10 км/ч. Такая скорость является самой неблагоприятной для окружающей среды, так как выбросы от АТ максимальны. Как известно, минимальные выбросы оксида углерода наблюдаются на скоростях АТ от 60 до 80 км/ч [15]. При снижении или увеличении скорости автомобиля содержание данного ЗВ в выбросах многократно возрастает. На хо-

лостом ходу автомобиль выбрасывает в среднем 5–7 % оксида углерода к объёму всего выхлопа, а в процессе движения с постоянной нагрузкой – лишь 1–2,5 %.

Таким образом, в современной ситуации Санкт-Петербург не удовлетворяет всем потребностям города в сфере развития УДС, что способствует увеличению количества пробок и заторов и, как следствие, увеличению выбросов от АТ.

Пространственно-временной анализ загрязнения атмосферного воздуха Санкт-Петербурга выбросами от АТ показал, что ситуация в течение года развивается динамично и неоднозначно. Локации высоких концентраций ЗВ меняются в зависимости как от режима движения АТ, так и от времени года. Безусловно, наблюдается связь загрязнения воздуха с количеством автомобилей на определенных улицах города.

Анализ загрязнения атмосферного воздуха Санкт-Петербурга оксидом углерода (угарным газом) в 2021 г. показал, что его максимальные концентрации наблюдались зимой и осенью в центральной части города, а именно в Адмиралтейском и Петроградском районах (рис. 1). Локация высокого загрязнения соответствует местам скопления АТ на дорогах города: Московский проспект в районе метро Технологический институт и улица Профессора Попова. Данный эффект нельзя объяснить влиянием Западного скоростного диаметра (ЗСД), так как ряд станций наблюдений расположен ближе к данной магистрали и находился в зоне влияния преобладающих западных ветров, однако концентрации оксида углерода там ниже. Высокие концентрации оксида углерода в центральной части города в осенне-зимний период объясняются низкой скоростью движения автомобилей, вызванной сужением дорожного полотна из-за снежного покрова.

В летний период, когда заторы АТ в центре города минимальны, загрязнение центральной части города значительно снижается. В это время максимальное загрязнение воздуха оксидом углерода наблюдается в местах активного движения грузового АТ. Передвижение грузового АТ массой свыше 8 т запрещено по центральной части города. Поэтому максимумы концентраций смещаются в восточную и юго-восточную часть. Это Невский и Красногвардейский районы, а именно Дальневосточный проспект и шоссе Революции. На обеих трассах разрешено движение грузового АТ.

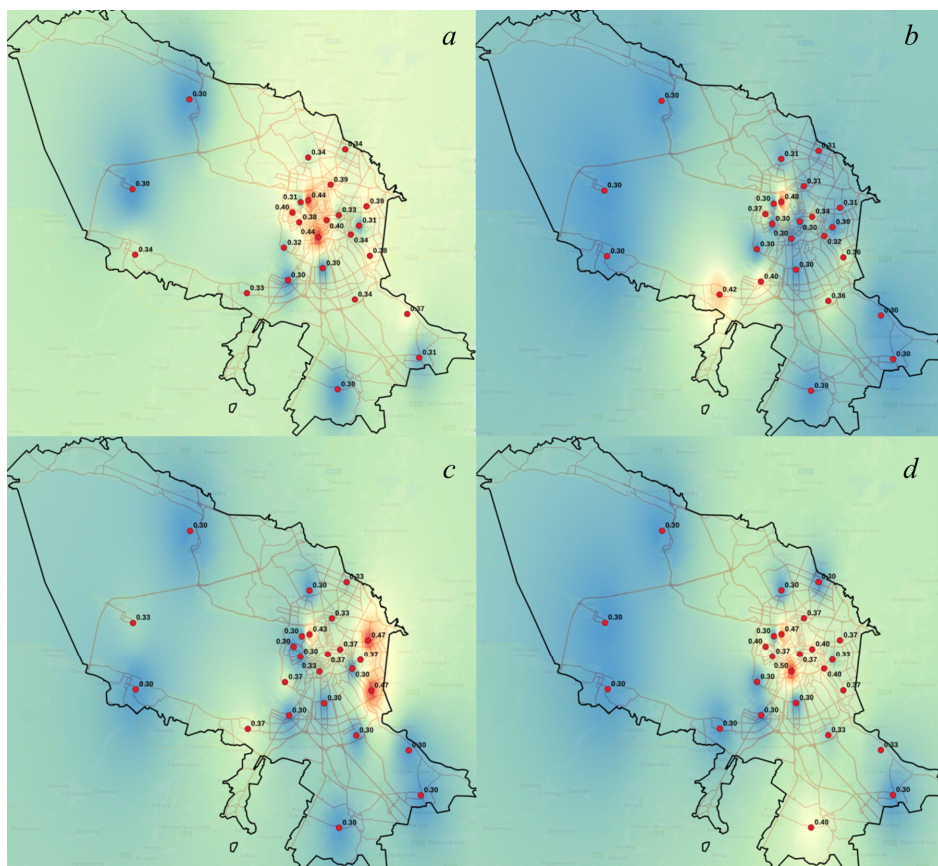


Рис. 1. Распределение концентраций оксида углерода,  $\text{мг}/\text{м}^3$ :  
*a* – зима, *b* – весна, *c* – лето, *d* – осень

Загрязнение воздуха диоксидом азота также во многом зависит от передвижения грузового АТ (рис. 2). Так, максимальное загрязнение наблюдалось в весенний и осенний периоды. Весной места наивысших концентраций соответствуют Дальневосточный проспекту в Невском районе. Осенью – проспекту Энгельса в Калининском районе, который обеспечивает связь города с северным направлением (Парнасом, Выборгом). Обе трассы разрешены для движения грузового АТ.

Летом наблюдается один локальный очаг загрязнения диоксидом азота, который находится на Московском проспекте в Московском районе, который является главной магистралью на южное направление пригорода.

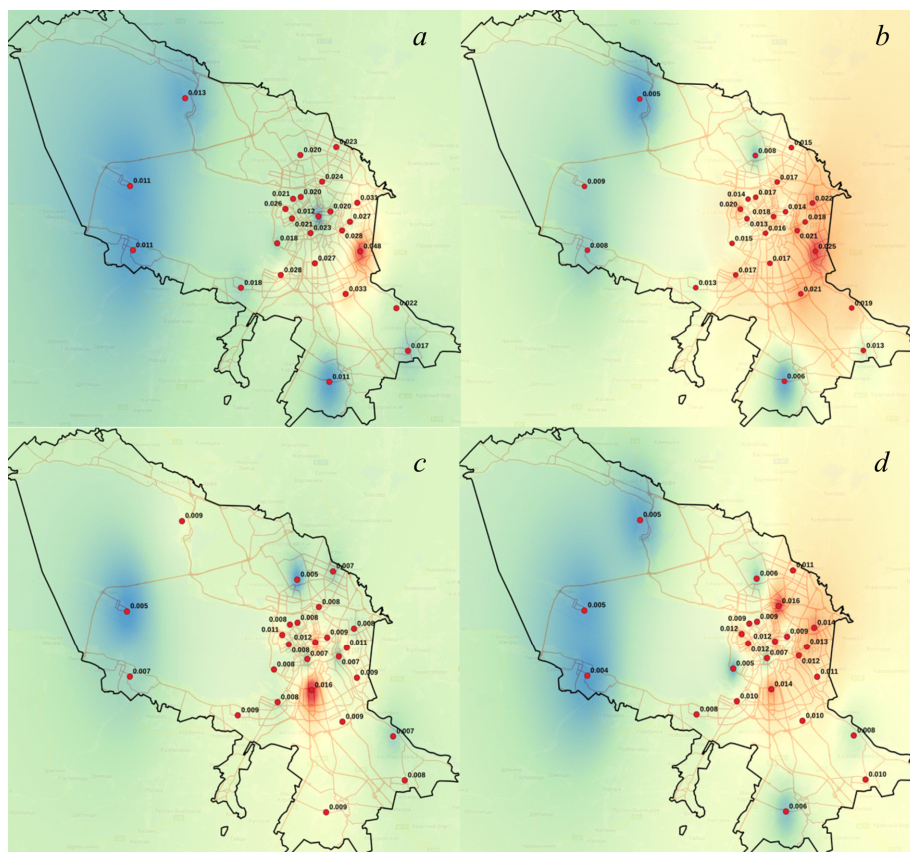


Рис. 2. Распределение концентраций диоксида азота,  $\text{мг}/\text{м}^3$ :  
*a* – зима, *b* – весна, *c* – лето, *d* – осень

Зимний период характеризуется также одной локацией высокого загрязнения, которая соответствует Дальневосточному проспекту в Невском районе.

Оценка ситуации по загрязнению воздушной среды оксидом азота подтверждает выводы, сделанные по диоксиду азота (рис. 3). Для обоих ЗВ характерны максимумы концентраций зимой и весной в Невском районе, а именно на Дальневосточном проспекте, разрешенный для грузового АТ. Данные по концентрациям оксида азота за летний и осенний период отсутствуют.

Анализ пространственно-временной динамики загрязнения атмосферного воздуха диоксидом серы показал, что максимальные концентрации наблюдаются на периферии центральной части города. Гео-



графическое положение очагов высоких концентраций точно соответствует местам затора АТ на развязках для въезда в город (рис. 4).

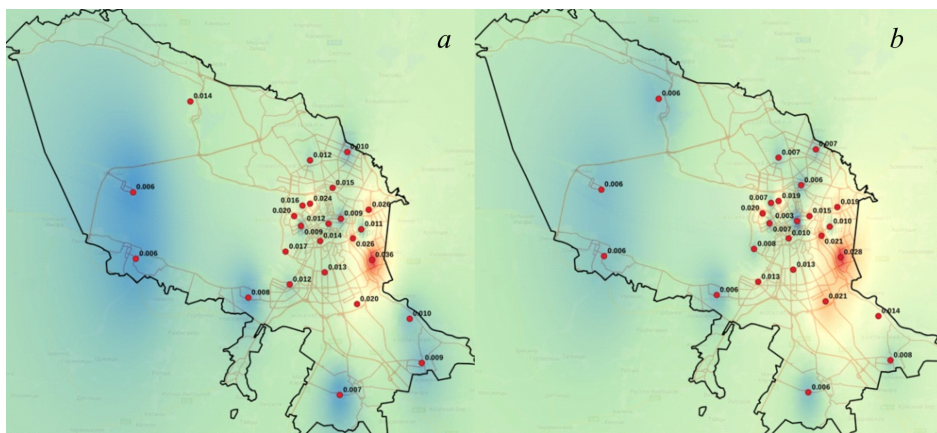


Рис. 3. Распределение концентраций оксида азота, мг/м<sup>3</sup>:  
*a* – зима, *b* – весна, *c* – лето, *d* – осень

Наибольшие концентрации диоксида серы наблюдались летом в южной части города. Географически данная локация соответствует прохождению ЗСД на участке между развязками Софийская улица и Московское шоссе, а также в районе посёлка Шушары. Данные трассы проходят по территории Фрунзенского, Пушкинского и Колпинского районов, они всегда загружены АТ, в том числе грузовым. Также высокие концентрации диоксида серы отмечаются и на проспекте Ветеранов в Красносельском районе, в непосредственной близости от КАД.

Зимой и осенью наибольшее загрязнение воздуха диоксидом серы наблюдается на юго-востоке города. Данная локация относится к Шлиссельбургскому проспекту в Рыбацком и к Советскому проспекту в Усть-Славянке, Невский район. Это выезд на г. Кировск, хорошо известный заторами АТ, здесь также разрешен проезд для большегрузов. Как видно на картах, высокие концентрации отмечаются и на юге в районе поселка Шушары, который также характеризуется высоким трафиком АТ.

Весной максимумы концентраций диоксида серы наблюдаются на западе, а именно на Васильевском острове в непосредственной близости от ЗСД, который характеризуется интенсивным и скоростным движением грузового АТ.

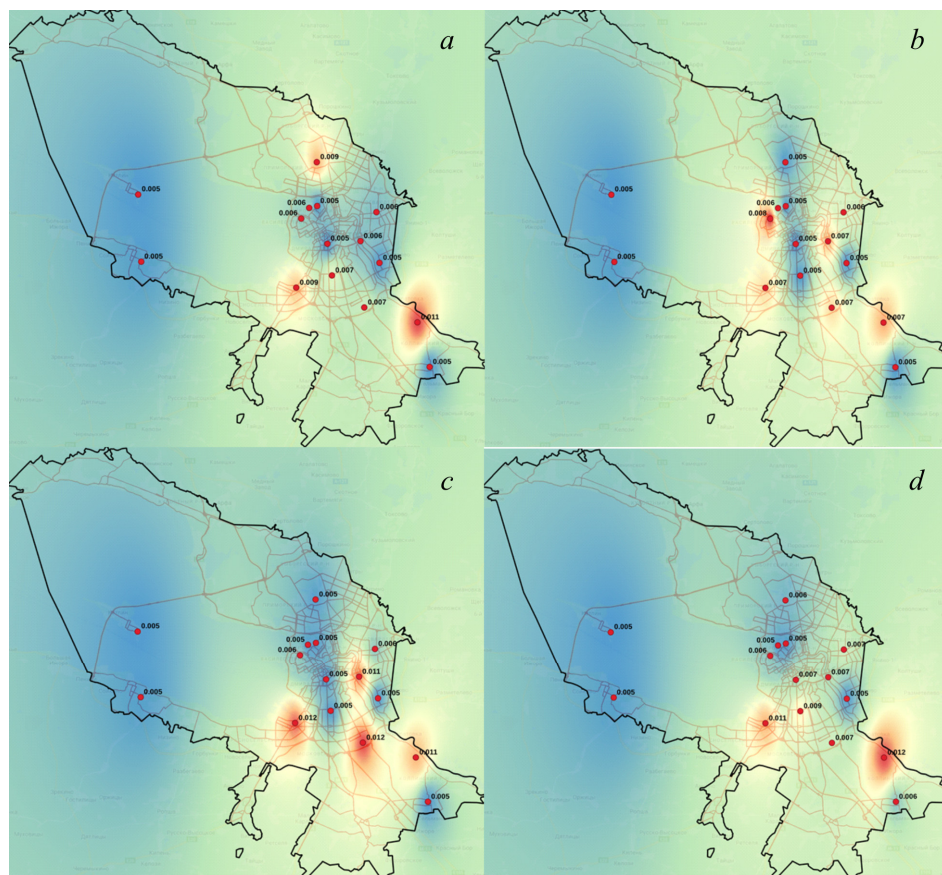


Рис. 4. Распределение концентраций диоксида серы,  $\text{мг}/\text{м}^3$ :  
*a* – зима, *b* – весна, *c* – лето, *d* – осень

**Выводы.** Анализ составленных карт концентраций ЗВ показал, что загрязнение атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге определяется как количеством автомобилей, так и скоростью их передвижения. Все выявленные очаги устойчивого загрязнения воздуха относятся к дорогам с высоким трафиком движения. Почти по всем этим трассам разрешено движение АТ весом более 8 т. Именно в этих пунктах образуется устойчивое загрязнение воздуха. Прежде всего это юго-восток города: проспекты Дальневосточный, Шлиссельбургский и Советский, Софийская улица. А также шоссе Революции на северо-востоке и проспект Энгельса на севере города. Московский проспект закрыт для постоянного движения большегрузов, но как главная трасса южного на-

правления он также отличается высоким трафиком движения и максимальными концентрациями ЗВ.

Как было указано выше, в Санкт-Петербурге гораздо больше локаций, загруженных АТ. Однако выявленные очаги загрязнённого воздуха характеризуются также и неблагоприятным географическим положением. Практически все указанные дороги имеют направление с севера на юг и плохо продуваются ветрами преобладающего в Санкт-Петербурге западного направления. Особенно нужно выделить Дальневосточный проспект, где практически круглый год отмечаются высокие концентрации по всем ЗВ. Он сориентирован с севера на юг, по нему разрешено движение грузового АТ и параллельно ему, в непосредственной близости, проходит Октябрьская набережная, которая также загружена АТ, в том числе и грузовым. Нужно отметить, что во многом удачным географическим положением объясняются всегда низкие концентрации в районах Санкт-Петербурга Кронштадт и Ломоносов. Занимая самые западные позиции из-за преобладающих ветров западного направления, данные пункты всегда характеризуются почти нулевыми концентрациями ЗВ.

Как можно видеть, районы, закрытые для автомобилей массой более 3,5 т (Центральный, Адмиралтейский, Петроградский и Василеостровский), испытывают гораздо меньшую нагрузку от выбросов АТ.

Загрязнение воздушной среды Санкт-Петербурга оксидом углерода во многом определяется движением АТ на низких скоростях, когда выхлоп максимален. Поэтому самые высокие концентраций угарного газа наблюдаются в центральной части города и именно в холодный период, когда дорожное полотно сужено от снежного покрова. При таких обстоятельствах заторы АТ максимальны.

Однако показатели удельного выброса оксидов азота, напротив, возрастают при высоких скоростях АТ. Поэтому загрязнение воздуха оксидами азота, а также диоксидом серы максимальны на периферии города. Данный эффект объясняется рядом факторов: движением грузового АТ, высокими скоростями на КАД и заторами на развязках для въезда в город.

Безусловно, максимальное влияние выбросов АТ на качество воздуха производится в местах скопления АТ, которые образуются, как правило, при въезде в центральную часть города из периферии по узким, часто двухполосным дорогам. Такие дороги, уже давно требую-

щие расширения, в некотором смысле являются сдерживающим фактором, спасающим от увеличения заторов в центральной части города. Решением этой проблемы может стать увеличение количества мостов и дорожных развязок.

#### Библиографический список

1. Высоцкий, С.П. Влияние автомобильного транспорта на состояние окружающей среды / С.П. Высоцкий // Научно-технические аспекты развития автотранспортного комплекса: материалы V Междунар. конф. – Горловка: Автомобильно-дорожный институт Донецкого национального технического университета, 2019. – С. 148–155.
2. Низамутдинов, Т.И. Роль зеленых насаждений в снижении уровня риска для здоровья населения / Т.И. Низамутдинов, Е.В. Колесникова, Д.К. Алексеев // Современные проблемы гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды на пространстве СНГ. – 2020. – С. 767–769.
3. Владимиров, С.Н. Загрязнение окружающей среды при эксплуатации, хранении, техническом обслуживании и ремонте автотранспортной техники / С.Н. Владимиров // Успехи современного естествознания. – 2013. – № 3. – С. 118–119.
4. Пепина, Л.А. Загрязнение атмосферного воздуха автомобильно-дорожным комплексом / Л.А. Пепина, А.Н. Созонтова // *Alfabuild*. – 2017. – № 1 (1). – С. 99–110.
5. Каледа, В.Н. Влияние технического состояния автомобиля на снижение выбросов токсических компонентов отработавших газов / В.Н. Каледа, А.И. Звижинский, И.А. Каледа // Перспективные направления развития автотранспортного комплекса: материалы XII Междунар. конф. – Пенза: Пенз. гос. аграр. ун-т, 2018. – С. 60–65.
6. О технических требованиях к качеству моторных топлив для автомобильной техники / В.В. Соколов, Д.В. Извеков, Б.М. Бунаков, Ю.В. Шюте // Труды НАМИ (Науч.-исслед. автомобил. и автототр. ин-та). – 2018. – № 244. – С. 123–135.
7. Домбалиян, А.В. Влияние скоростного режима на количество выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта / А.В. Домбалиян, Е.Е. Шаталова // Технологии транспортных процессов на Дону 2016: материалы междунар. конф. – Новочеркасск: ООО «Лик», 2016. – С. 86–89.
8. Соломахина, Л.Я. Климатические особенности Санкт-Петербурга при оценке содержания взвешенных веществ в атмосферном воздухе / Л.Я. Соломахина // Инженерный вестник Дона. – 2018. – № 4 (51). – С. 257.
9. Леванчук, А.В. Совершенствование системы социально-гигиенического мониторинга на территории с развитым автомобильно-дорожным комплексом / А.В. Леванчук // Общественное здоровье и здравоохранение. – 2014. – № 4. – С. 78–82.
10. Якунина, И.В. Методы и приборы контроля окружающей среды. Экологический мониторинг: учеб. пособие / И.В. Якунина, Н.С. Попов. – Тамбов: Изд-во Тамбов. гос. техн. ун-та, 2009. – 188 с.
11. Выборнова, Ю.Д. Исследование методов пространственной интерполяции в задаче восстановления частично определенных изображений / Ю.Д. Выборнова // Информационные технологии и нанотехнологии: сб. тр. IV Междунар. конф. (ИТНТ-2018). – Самара: Новая техника, 2018. – С. 683–690.
12. Крюкова, С.В. Оценка методов пространственной интерполяции метеорологических данных / С.В. Крюкова, Т.Е. Симакина // Общество. Среда. Развитие (Terra Humana). – 2018. – № 1 (46). – С. 144–151.
13. Myshko, R.A. GIS for assessment and modeling air pollution by industrial facilities / R.A. Myshko, N.I. Kurakina // IEEE Conf. of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering. – SPb.: ETU, 2021. – P. 1789–1802. DOI: 10.1109/EIConRus51938.2021.9396270

14. Myshko, R.A. GIS for assessing road transport complex impact on urban air pollution / R.A. Myshko, N.I. Kurakina // IEEE Conf. of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering. – SPb.: ETU, 2021. – P. 1545–1548. DOI: 10.1109/ElConRus54750.2022.9755515

15. Лобанов, А.И. Оценка воздействия выбросов автотранспортных средств на воздушную среду города и их минимизация: автореф. дис. ... канд. техн. наук / А.И. Лобанов. – Красноярск, 2004. – 59 с.

## References

1. Vysockij S.P., Vliyanie avtomobil'nogo transporta na sostoyanie okruzhayushchej sredy [Impact of road transport on the environment]. *Nauchno-tehnicheskie aspekty razvitiya avtotransportnogo kompleksa: materialy V mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii*. Gorlovka, Avtomobil'no-dorozhnyj institut «Doneckogo nacional'nogo tekhnicheskogo universiteta», 2019, pp. 148-155.

2. Nizamutdinov T.I., Kolesnikova E.V., Alekseev D.K. Rol' zelenykh nasazhdenii v snizhenii urovnia riska dlia zdorov'ia naseleniia [The role of green spaces in reducing the level of risk to public health]. *Sovremennye problemy gidrometeorologii i monitoringa okruzhayushchej sredy na prostranstve SNG*. Saint-Petersburg, Gidrometeorologicheskij universitet, 2020, pp. 767-769.

3. Vladimirov S.N. Zagryaznenie okruzhayushchej sredy pri ekspluatcii, hranenii, tekhnicheskome obsluzhivanii i remonte avtotransportnoj tekhniki [Environmental pollution during operation, storage, maintenance and repair of motor vehicles]. *Uspekhi sovremenno Estestvoznaniya*. Moscow, 2013, pp. 118–119.

4. Pepina L.A., Sozontova A.N. Zagryaznenie atmosfernogo vozduha avtomobil'no-dorozhnym kompleksom [Atmospheric air pollution from the automobile and road complex]. *Alfabuild*, 2017, pp. 99-110.

5. Kaleda V.N., Vzvizhinskij A.I., Kaleda I.A. Vliyanie tekhnicheskogo sostoyaniya avtomobilya na snizhenie vybrosov toksicheskikh komponentov otrabotavshih gazov [The influence of the technical condition of the car on reducing emissions of toxic components of exhaust gases]. *Perspektivnye napravleniya razvitiya avtotransportnogo kompleksa. Sbornik statej XII Mezhdunarodnoj konferencii*. Penza, Penzenskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2018, pp. 60-65.

6. Sokolov V.V., Izvekov D.V., Bunakov B.M. et. al. O tekhnicheskikh trebovaniyah k kachestvu motornykh topliv dlya avtomobil'noj tekhniki [About technical requirements for the quality of motor fuels for automotive vehicles]. *Gosudarstvennyj nauchnyj centr Rossijskoj Federacii*, 2018, no 244, pp. 123-135.

7. Dombalyan A.V., SHatalova E.E. Vliyanie skorostnogo rezhima na kolichestvo vybrosov zagryaznyayushchih veshchestv ot avtotransporta [The influence of the speed limit on the amount of pollutant emissions from vehicles]. *Tekhnologii transportnyh processov na Donu 2016. Sbornik statej Mezhdunarodnoj konferencii*. Novocheerkassk, 2016, p. 86-89.

8. Solomakhina L.Ya. Klimaticheskie osobennosti Sankt-Peterburga pri ocenke soderzhaniya vzveshennykh veshchestv v atmosfernom vozdukh [Climatic features of St. Petersburg when assessing the content of suspended substances in the atmospheric air]. *Inzhenernyj vestnik Dona*, 2018, no 4 (51), p. 257.

9. Levanchuk A.V. Sovershenstvovanie sistemy social'no-gigienicheskogo monitoringa na territorii s razvitym avtomobil'no-dorozhnym kompleksom [Improving the system of social and hygienic monitoring in territories with a developed automobile and road complex]. *Obshchestvennoe zdorov'e i zdravoohranenie*, 2014, no 4, pp. 78–82.

10. Yakunina I.V., Popov N.S. Metody i pribory kontrolya okruzhayushchej sredy. Ekologicheskij monitoring: uchebnoye posobie [Methods and devices for environmental control. Environmental monitoring: tutorial]. Tambov, Tambovskij gosudarstvennyj universitet, 2009, p. 188.

11. Vy'bornova Yu.D. Issledovanie metodov prostranstvennoj interpolyaczii v zadache vosstanovleniya chastichno opredelennykh izobrazhenij [Study of spatial interpolation methods in the

problem of restoring partially defined images]. *Informazionny'e tekhnologii i nanotekhnologii*. Sbornik trudov IV mezhdunarodnoj konferenczii. Samara, 2018, pp. 683-690.

12. Kryukova S.V, Simakina T.E. Otsenka metodov prostranstvennoi interpoliatsii meteorologicheskikh dannykh [Assessment of methods of spatial interpolation of meteorological data]. *Obshchestvo. Sreda. Razvitie (Terra Humana)*, 2018, no. 1 (46), pp. 144-151.

13. Myshko R.A., Kurakina N.I. GIS for Assessment and Modeling Air Pollution by Industrial Facilities. *IEEE Conf. of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering*. SPb., ETU, 2021, pp. 1789–1802. DOI: 10.1109/EIConRus51938.2021.9396270.

14. Myshko R.A., Kurakina N.I. GIS for Assessing Road Transport Complex Impact on Urban Air Pollution. *IEEE Conf. of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering*. SPb., ETU, 2021, pp. 1545–1548. DOI: 10.1109/EIConRus54750.2022.9755515.

15. Lobanov A.I. Ocenka vozdeystviya vybrosov avtotransportnykh sredstv na vozdushnyuyu sredu goroda i ih minimizatsiya [Assessment of the impact of vehicle emissions on the city's air environment and their minimization]. Abstract of Ph. D. thesis, Krasnoyarsk, 2004, 59 p.

**E. Kolesnikova, A. Muzalevskaya**

## **INFLUENCE OF AUTOMOBILE TRANSPORT ON ATMOSPHERIC AIR POLLUTION IN ST. PETERSBURG**

The work analyzes the emissions of pollutants into the atmosphere from road transport at the boundaries of spatiotemporal air pollution in St. Petersburg. St. Petersburg is one of the cities where emissions from automobiles prevail over emissions from stationary sources of pollution. The rate of motorization of the population of St. Petersburg is growing every year, and at the same time the volume of cars emission is increasing. Concentrations of pollutants released through emissions, even if they do not exceed maximum permissible values, create a chronic risk to public health. The work carried out studies of the features of the formation of spatio-temporal fields of atmospheric air pollution in St. Petersburg. An analysis of long-term and intra-annual trends in air pollution in the city by emissions from mobiles has been made. The research materials were data from daily measurements of pollutant concentrations at 25 observation stations distributed throughout St. Petersburg. To conduct research, the work used methods such as statistical and cartographic analysis, as well as analysis of literary sources on this topic. A cartographic analysis of air pollution in St. Petersburg was carried out by creating interpolated maps in the QGIS program. For four seasons of the year, seasonal maps of atmospheric air pollution with such components of emissions from motor vehicles as carbon monoxide, nitrogen oxide and dioxide, and sulfur dioxide have been compiled. Spatial distribution of pollutants in urban conditions have been identified, and zones of persistent air pollution have been shown.

**Keywords:** carbon monoxide, nitrogen oxides, sulfur dioxide, atmospheric air, vehicle emissions, air pollution.

**Колесникова Евгения Владимировна** (Санкт-Петербург, Российская Федерация) – кандидат географических наук, доцент кафедры прикладной и системной экологии, Российский государственный гидрометеорологический университет (Санкт-Петербург, 192007, ул. Воронежская, 79, e-mail: astra-j@mail.ru).

**Музалевская Анна Алексеевна** (Санкт-Петербург, Российская Федерация) – магистрант кафедры прикладной и системной экологии, Российский государственный гидрометеорологический университет (Санкт-Петербург, 192007, ул. Воронежская, 79, e-mail: anka\_cat@rambler.ru).

**Evgeniya Kolesnikova** (St. Petersburg, Russian Federation) – PhD in Geographical Sciences, Associate Professor of the Department of Applied and Systems Ecology, Russian State Hydrometeorological University (79, Voronezhskaya av., 192007, St. Petersburg, e-mail: astraj@mail.ru).

**Anna Muzalevskaya** (St. Petersburg, Russian Federation) – Master's Student of the Department of Applied and Systems Ecology, Russian State Hydrometeorological University (79, Voronezhskaya av., 192007, St. Petersburg, e-mail: anka\_cat@rambler.ru).

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Вклад авторов** равноценен.

Поступила: 31.02. 2024

Одобрена: 25.02.2024

Принята к публикации: 11.03.2024

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом: Колесникова, Е.В. Влияние автотранспорта на загрязнение атмосферного воздуха Санкт-Петербурга / Е.В. Колесникова, А.А. Музалевская // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2024. – № 1. – С. 69–83. DOI: 10.15593/2409-5125/2024.01.05

Please cite this article in English as: Kolesnikova E., Muzalevskaya A. Influence of automobile transport on atmospheric air pollution in St. Peterburg. *PNRPU Bulletin. Appliedecology. Urban development*, 2024, no. 1, pp. 69-83. DOI: 10.15593/2409-5125/2024.01.05