

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА АВТОМАГИСТРАЛЕЙ НА СОСТОЯНИЕ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ КАБИН ВОДИТЕЛЕЙ ТРАМВАЕВ

Федотова И.В., Потапова И.А., Некрасова М.М.

ФБУН «Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора, г. Нижний Новгород

e-mail: irinavfed@mail.ru

Аннотация. В качество воздушной среды городов вносит существенную долю выбросы автотранспорта. Выполняя движение по маршруту, водители трамваев могут подвергаться влиянию загрязнённого воздуха автомагистралей.

Цель исследования - на основании анализа загрязнения воздуха рабочей зоны водителей трамваев при выполнении движения по маршрутам и их субъективного мнения о влиянии химического фактора на состояние здоровья дать оценку уровню профессионального риска, обусловленного качеством воздушной среды автомагистралей.

Материалы и методы. В воздухе рабочей зоны водителей трамваев анализировалось содержание оксидов азота и углерода, формальдегида, без(а)пирена, взвешенных веществ, алюминия, тяжелых металлов - свинца, марганца, никеля, меди, цинка с использованием утвержденных методик и гостированного оборудования. Дана оценка риска развития патологии критических органов и систем при острой и хронической экспозиции вредных веществ в соответствии с «Руководством по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания» (Р 2.1.10.3968-23). Проведен опрос водителей по авторской анкете ««Комплексная оценка факторов, влияющих на здоровье работников электротранспорта».

Результаты. Воздушная среда кабин трамваев загрязняется вредными веществами в концентрациях, не превышающих ПДК для воздуха рабочей зоны. Установлен экологический риск при суммарной химической нагрузке, превышающей единицу. Хроническое воздействие поллютантов обуславливает настораживающий уровень риска для органов дыхания. Более 40% водителей отмечают факторы загрязненности и запыленности воздуха в качестве причин, негативно влияющих на состояние здоровья. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости предусматривать герметичность кабин и кондиционирование воздуха для создания безопасных для здоровья условий труда водителей трамваев.

Ключевые слова: загрязнение автомагистралей, воздух рабочей зоны водителей трамваев, профессиональный риск

Загрязнение воздуха - важный фактор, влияющий на здоровье, широкий диапазон отрицательных эффектов которого надежно задокументирован в исследованиях, проведенных в разных частях мира. Качество городской среды ассоциируется, прежде всего, с состоянием транспортно-дорожного комплекса (ТДК), который, являясь, с одной стороны, важным и неотъемлемым элементом экономики, с другой - обуславливает формирование негативных последствий для природных экологических систем [1]. На уровень загрязнения воздуха автомагистралей оказывает влияние интенсивность и организация дорожного движения, структура транспортного потока (ТП). Рядом исследователей показана высокая корреляция между интенсивностью ТП и содержанием в воздухе пыли, органических веществ и тяжелых металлов [2]. Наибольшему риску для здоровья подвергаются группы населения, проживающие близи крупных автострад, и водители, для которых воздух автомагистралей является производственной средой.

Последние оценки бремени болезней указывают на большую роль загрязнения воздуха выбросами от автотранспорта в развитии заболеваний сердечно-сосудистой и дыхательной систем, в том числе со смертельным исходом: около 37% случаев преждевременной смерти произошли в результате ишемической болезни сердца и инсульта, 18% и 23% - хронической обструктивной болезни легких и острых инфекций нижних дыхательных путей соответственно и 11% - онкологических заболеваний дыхательных путей [3].

Постоянно увеличивающееся негативное влияние ТДК на окружающую среду и здоровье населения заставляет принимать на правительственном уровне решения, направленные на его снижение. Одним из таких направлений является увеличение производства транспортных средств, оснащенных электрическими двигателями. В феврале 2023 года на сессии по электротранспорту представители правительства России обсудили текущую ситуацию развития рынка и соответствующей инфраструктуры. Согласно стратегической инициативе, в 2023 году особое внимание было уделено наращиванию спроса и росту показателей загрузки производств. В планах - увеличить выпуск электротранспорта в девять раз и достичь в 2024 году показателя в 36 тыс. единиц в год [4].

Предусматривается развитие и модернизация общественного электротранспорта, в том числе, восстановление и обновление трамвайных путей и парка подвижного состава. В рамках федерального проекта «Развитие общественного транспорта» и национального проекта «Безопасные качественные дороги» Правительство РФ одобрило модернизацию

городского электротранспорта в 10 городах, в том числе в Нижнем Новгороде (НН) [5]. Возрастает объем перевозок пассажиров городскими трамваями, так за 1 квартал 2024 года они составили 251,4млн.чел, по сравнению с 1 кварталом 2023 года - 242,8 млн. чел.; среднесписочная численность работников, занятых на предприятиях, осуществляющих регулярные перевозки пассажиров трамваями в городском и пригородном сообщении составляет 32 247,0 [6].

В настоящее время в НН осуществляются перевозки пассажиров по 13 маршрутам трамвайного сообщения, 16 - троллейбусного и 8 - электробусного. В Нижегородскую область в 2024 году отправили почти 180 трамваев отечественного производства и начаты работы по модернизации трамвайной системы и обновлению подвижного состава, которые должны завершиться в 2026 году.

Следует подчеркнуть, что трамвайное сообщение в НН существует с 8 мая 1896 года и хронологически это вторая линия в Российской империи (после запуска трамвая в Киеве в 1892 году). В мае 2016 года Нижегородский трамвай отметил 120-летие. Трамвайные перевозки в НН осуществляются на 387 трамвайных вагонах, в среднем в течение дня они перевозят до 200 тыс. пассажиров, общая протяжённость сети составляет около 198 километров. Линии обслуживаются тремя депо, оператором нижегородского трамвая выступает МП «Нижегородэлектротранс». По состоянию на 2023 год, применяемый для перевозки пассажиров подвижной состав Нижегородского трамвая, представлен исключительно 14-метровыми четырёхосными вагонами разных моделей [7].

Водители трамваев в процессе выполнения своей профессиональной деятельности оказываются под воздействием не только профессиональных факторов, обусловленных работой электродвигателя, конструктивными особенностями устройства кабины и приборов управления, но и факторами городской среды при движении по автомагистралям, в частности, уровнем загрязнения воздуха от выбросов автотранспорта, оснащенного двигателями внутреннего сгорания (ДВС), что может вносить вклад в увеличение риска негативных эффектов, обусловленных комплексом профессиональных факторов.

Цель исследования: на основании анализа загрязнения воздуха кабин водителей трамваев при выполнении движения по маршрутам и их субъективного мнения о влиянии химического фактора на состояние здоровья дать оценку уровню профессионального риска, обусловленного качеством воздушной среды автомагистралей.

Исследование уровня загрязнения воздушной среды кабин водителей трамваев в НН проводилось специалистами ФБУН «Нижегородский НИИ гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора в 2024 году. Анализировалось содержание в воздухе рабочей зоны оксидов азота и углерода, формальдегида (ФА), бенз(а)пирена (БП), взвешенных веществ

(твердых частиц - ТЧ), алюминия, тяжелых металлов - свинца, марганца, никеля, меди, цинка, которые являются приоритетными загрязнителями воздуха автомагистралей [8, 9]. Отбор проб воздуха осуществлялся в зоне дыхания водителей в соответствии с ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». В качестве пробоотборного устройства использовался шестиканальный аспиратор ПА-300М-2, который соответствует требованиям ГОСТ Р 51945-2002 «Аспираторы. Общие технические условия», ТУ 4215-008-39906142-2010, зарегистрирован в Государственном реестре средств измерений под №21783-11 и обеспечивает расход воздуха 0,2–100_дм³/мин с допускаемой относительной погрешностью измерения расхода воздуха не более $\pm 5\%$. Уровни содержания в пробах вредных веществ определялись с использованием оборудования, зарегистрированного в Государственном реестре средств измерений по утвержденным методикам. Оценку риска для здоровья для водителей трамваев проводили на основании расчета показателей прогнозируемого не канцерогенного риска¹.

Субъективное отношение водителей трамваев опасности для здоровья профессиональных факторов, характеризующих их условия труда, в частности загрязнения воздуха кабин, изучали с использованием метода анкетного опроса.

Обработка данных проведена с помощью статистического пакета Microsoft Office Excel 2010, Statistica 12.

Движение трамваев осуществлялось по 5 городским маршрутам - 2, 3, 18, 21, 27 - пролегающим по оживленным автомагистралям города, как в верхней, так и в нижней (заречной) его части. Следует отметить, что исследования проводились нами в кабинах широко представленных в России моделей трамваев (рис.) со сроками эксплуатации от 3 до 15 лет. Результаты анализа отобранных проб, представленные в таблице, свидетельствуют, что концентрации вредных веществ были значительно ниже регламентов для воздуха рабочей зоны. Поскольку в трамваях нет источников выделения вредных веществ и загрязнение кабин обусловлено их эмиссией с загрязненным воздухом автомагистралей во время движения трамвая через не плотности оконных проемов и дверей, провели сравнение полученных фактических концентраций с максимально разовыми или при отсутствии таковых со среднесуточными ПДК для атмосферного воздуха. Следует отметить, что выше ПДК_{АВ} определялось только содержание в воздухе взвешенных веществ в 7,1 % отобранных проб и БП - в 30,3%. Средние концентрации всех анализируемых веществ не превышали гигиенические нормативы, однако общая химическая нагрузка была выше 1 (2,42), что свидетельствует о возможном экологическом риске.

¹ Р 2.1.10.3968-23 Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителя и благополучия человека, 2023. – 221 с.

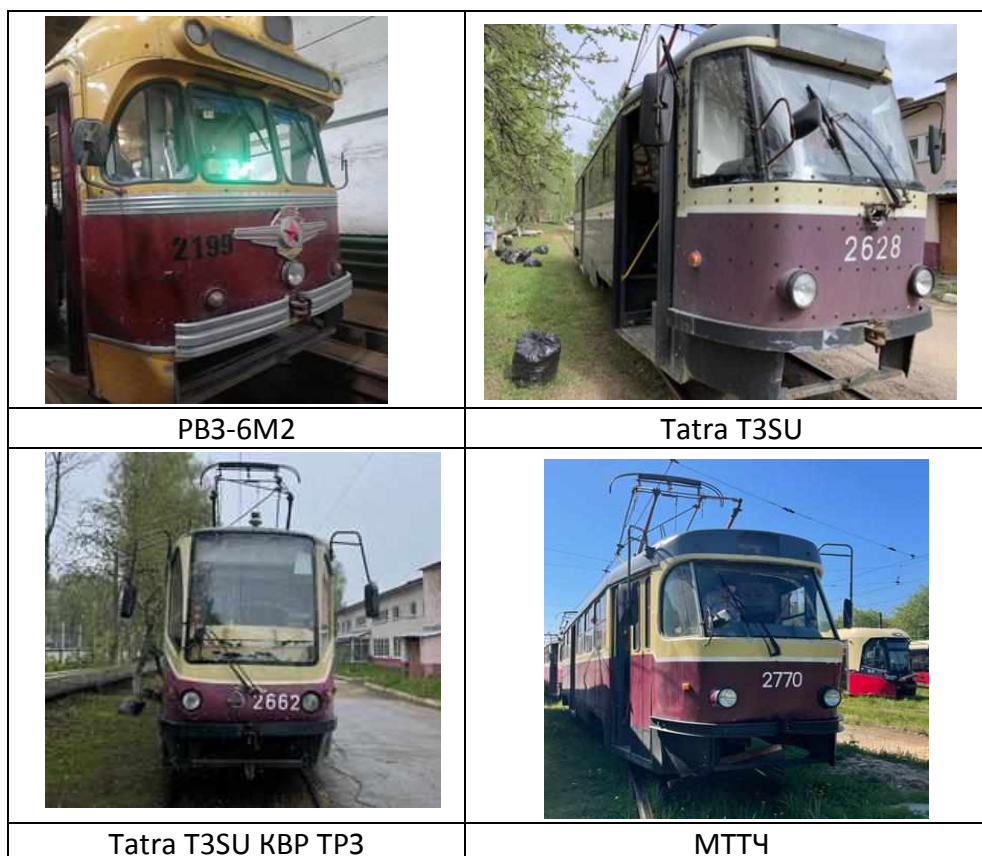


Рисунок - Модели трамваев, в кабинах которых проводились исследования
условий труда водителей

Таблица

Уровень загрязнения воздуха рабочей зоны вредными веществами в кабинах водителей
трамваев

Вредные вещества, мг/м ³	ПДК МР/СС	n	n/o	> ПДК	min	max	M±m	ФК/ ПДК
СО	5/3	91	5	-	0,0001	1,1	0,18±0,024	0,04
NO/NO ₂	0,2/0,1	34	-	-	0,01	0,08	0,044±0,003	0,2
ФА	0,05/0,01	62	-	-	0,004	0,027	0,012±0,0007	0,24
ТЧ	0,5/0,15	28	-	2	0,03	1,13	0,30±0,038	0,6
Al	-/0,01	32	2	-	0,0006	0,0062	0,0027± 0,00029	0,27
Pb	0,001/ 0,0003	32	30	-	0,0001	0,0002	0,00001± 0,00001	0,01
Mn	0,01/0,001	33	2	-	0,00001	0,0004	0,0002± 0,00002	0,02
Ni	-/0,001	34	13	-	0,00001	0,0003	0,00004± 0,00001	0,04
Cu	-/0,002	34	-	-	0,00005	0,00059	0,0002± 0,00002	0,1
Zn	-/0,05	34	-	-	0,00003	0,0004	0,0002± 0,00002	0,004
БП**	-/0,001	33	2	10	0,00003	0,0028	0,0009± 0,00013	0,9

Примечание: * МР/СС - максимально разовая/среднесуточная; * - мкг/м³
М - среднее значение; m - ошибка средней

Как показали проведенные ранее исследования влияния выбросов автотранспорта на состояние воздушной среды примагистральных территорий НН, приоритетными загрязнителями выступали ТЧ, ФА, БП и свинец [10].

В число поллютантов, концентрации которых были наиболее высокими в воздухе кабин водителей трамваев, также входят эти ингредиенты, но на первое место выходит БП (37,1%), ТЧ оказывается на 2 месте (24,8%), а ФА на 4-ом (9,9%), 3-е место занимает алюминий (11,1%); доля оксидов азота составила 8,3%, а свинца и меди по 4,1%.

Оценка риска с использованием референтных значений концентраций вредных веществ при остром и хроническом действии (НҚ) показала, что при остром воздействии риск развитие нарушений критических органов минимальный (менее 0,1) и составляет для сердечно-сосудистой системы от воздействия СО - 0,008; органов дыхания от воздействия оксидов азота - 0,085; глаз от воздействия ФА - 0,025.

При хроническом воздействии, с учетом его продолжительности - треть суток и треть средней продолжительности жизни (стаж - 25 лет) - он является настораживающим (более 1) для органов дыхания от воздействия меди - 1,11. Величина риска от воздействия других поллютантов для остальных органов и систем находится на минимальном и допустимом уровнях.

Для оценки субъективного мнения водителей трамваев о роли влияния загрязнения воздушной среды кабин водителей на состояние здоровья были проанализированы результаты их ответов на вопросы анкеты «Комплексная оценка факторов, влияющих на здоровье работников электротранспорта», касающиеся условий труда и показателей здоровья.

Всего в анкетировании приняли участие 26 водителей: 20 женщин и 6 мужчин. Возрастной состав респондентов колебался от 30 до 64 лет, средний возраст - $43,8 \pm 2,2$ года, стаж в профессии - $18,8 \pm 2,3$ года (от 7 до 44 лет). Наиболее частыми жалобами на состояние здоровья, обусловленное условиями труда были: общая усталость - 80,8% положительных ответов; боли в области спины - 80,8%; раздражительность - 47,6%; головная боль - 15,4%. Отмеченные симптомы водители связывали в основном с высоким нервно-эмоциональным напряжением - 80,8% и высокой ответственностью - 65,4%, а также около половины водителей отметили их обусловленность загрязнением воздушной среды вредными веществами - 46,2% и запыленностью - 42,3%.

Таким образом, в Нижнем Новгороде уделяется значительное внимание развитию общественного электротранспорта, что соответствует мировым тенденциям по замене автомашин с ДВС более экологически безопасными. Значительная доля пассажирских

перевозок в НН осуществляется трамваями, парк которых в настоящее время активно обновляется. Результаты нашего исследования показали, что при движении по маршруту воздух кабин водителей может загрязняться вредными веществами, обуславливающими качество воздуха автомагистрали за счет выбросов автотранспорта, оснащенного ДВС. В количествах, не превышающих ПДК для воздуха рабочей зоны, в нем присутствуют оксиды азота и углерода, БП, ТЧ, ФА, алюминий и тяжелые металлы. В единичных пробах выше ПДК для атмосферного воздуха обнаруживали ТЧ и БП. СХЗ была выше единицы в основном за счет БП и ТЧ (67,0%), вклад тяжелых металлов составил 12,5%. Экологический риск при остром и хроническом воздействии поллютантов для критических органов и систем при стаже работы водителем трамвая 25 лет с учетом определенного нами уровня загрязнения воздуха кабин характеризуется как настораживающий относительно развития заболеваний органов дыхания.

Субъективная оценка водителей подтверждает значимость качества воздушной среды кабин трамваев для ощущения комфортности и безопасности условий труда, что свидетельствует о необходимости предусматривать в современных моделях трамваев повышение герметичности кабин, оснащение их системами кондиционирования и очистки воздуха.

Список литературы

1. Воздействие на окружающую среду транспортно-дорожного комплекса. - [Электронный ресурс]. - URL: <https://ecoportal.su/public/industry/view/1121.html> (дата обращения 10.09.2024).
2. Влияние автомобильного транспорта на окружающую среду. - [Электронный ресурс]. - URL: <https://ecoportal.su/public/industry/view/1027.html> (дата обращения 12.09.2024).
3. WHO: Transport, health and environment, 2023. - [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.who.int/europe/news-room/fact-sheets/item/transport-health-and-environment> (дата обращения 12.09.2024).
4. Электротранспорт в 2023 году: меры поддержки и инновации в производстве - [Электронный ресурс]. - URL: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/64a50fe69a79476c590db326> (дата обращения 22.09.2024).
5. Состояние и перспективы производства трамваев в России - [Электронный ресурс]. - URL: <https://rollingstockworld.ru/grt/sostoyanie-i-perspektivy-proizvodstva-tramvaev-v-rossii/> (дата обращения 22.09.2024).

6. Транспорт России. Информационно-статистический бюллетень. I квартал 2024 года - [Электронный ресурс]. - URL: <https://mintrans.gov.ru/documents/7/13492> (дата обращения 12.10.2024).

7. Нижегородский трамвай - [Электронный ресурс]. - URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki> (дата обращения 12.10.2024).

8. Копытенкова О.И., Леванчук А.В., Еремин Г.Б. Гигиеническая характеристика воздушного бассейна в районе интенсивной эксплуатации дорожно-автомобильного комплекса // *Гигиена и санитария*. 2019; 98(6): 613-618. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-6-613-618>

9. Определение дополнительного риска здоровью населения за счет загрязняющих веществ, поступающих в атмосферный воздух при эксплуатации дорожно-автомобильного комплекса / Ю.А. Рахманин [и др.] // *Гигиена и санитария*. - 2018; 97(12): 1171-78. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2018-97-12-1171-1178>

10. Оценка потенциального риска для здоровья населения, проживающего вблизи крупных автомагистралей города Нижнего Новгорода / И.В. Федотова [и др.] // Актуальные вопросы профилактической медицины и санитарно-эпидемиологического благополучия населения: факторы, технологии, управление и оценка рисков. Сборник научных трудов. Специальный выпуск: по материалам межрегиональной научно-практической конференции «Актуальные вопросы эпидемиологии и гигиены: наука и практика. Ответы на глобальные вызовы» /И.А. Умнягина, Н.Н. Зайцева, Н.С. Кучеренко, Г.А. Чехова, М.А. Позднякова, С.О. Семисынов - Н. Новгород: Изд-во «Медиаль», 2022. - 494 с. - С. 150-155.