

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2019

Копытенкова О.И.<sup>1,2</sup>, Леванчук А.В.<sup>1,2</sup>, Еремин Г.Б.<sup>1</sup>

## ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОЗДУШНОГО БАССЕЙНА В РАЙОНЕ ИНТЕНСИВНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДОРОЖНО-АВТОМОБИЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

<sup>1</sup>ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 193036, Санкт-Петербург;<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I», 190031, Санкт-Петербург

**Введение.** Среди загрязнителей воздушной среды в районах с интенсивными транспортными потоками следует обратить особое внимание на метан – предшественник формальдегида, образующийся при сгорании жидкого топлива. Целью исследования является гигиеническая оценка воздушной среды на основе определения дополнительного аэрогенного риска здоровью населения за счёт формальдегида, образующегося при эксплуатации дорожно-автомобильного комплекса.

**Материал и методы.** Расчёт количества метана, поступающего в атмосферный воздух при сжигании топлива, определён в соответствии с Руководством по инвентаризации выбросов ЕМЕП/ЕАОС (2016 г.). Определение модельных концентраций изучаемых загрязнителей проведено на основе Приказа № 273 от 06.06.2017 «Методы расчёта рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе» для дорожно-автомобильного комплекса с интенсивностью движения транспорта от 500 до 7 000 авт./ч. Расчёт риска проведён на основе Р 2.1.10.1920–04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду». Концентрации формальдегида определены в атмосферном воздухе в соответствии с МУК 4.1.1272–03. Статистический анализ осуществлён с помощью пакета прикладных программ Excel 2016.

**Результаты.** Определено количество выброса метана (мг/с) на 1 км при различной интенсивности транспортных потоков (авт./ч). Полученные данные использованы для расчёта модельных концентраций формальдегида, синтезирующегося из метана, которые использованы для расчёта показателей дополнительного канцерогенного и неканцерогенного рисков.

**Заключение.** Рост автомобилизации населения сопровождается ростом загрязнения воздушной среды. Инвентаризация выбросов проводится без учёта возможной трансформации загрязнителей, входящих в состав отработавших газов. Недостаточность сведений не позволяет использовать их для прогнозирования уровней риска здоровью населения. Результаты характеризуют дополнительный канцерогенный и неканцерогенный риски формирующиеся в процессе трансформации метана в формальдегид. Выявлен наиболее неблагоприятный температурный режим, способствующий синтезу и замедляющий распад формальдегида в атмосфере вдоль автомобильных дорог.

Ключевые слова: автомобильный транспорт; атмосферный воздух; загрязнители; формальдегид; риск здоровью; канцерогенный риск.

**Для цитирования:** 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>

**Для корреспонденции:** Копытенкова Ольга Ивановна, доктор мед. наук, проф., гл. науч. сотр. отд. гигиены ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 193036, Санкт-Петербург. E-mail: 5726164@mail.ru

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

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

**Участие авторов:** концепция и дизайн исследования – Копытенкова О.И., Леванчук А.В.; сбор и обработка материала – Леванчук А.В.; статистическая обработка – Копытенкова О.И.; написание текста – Леванчук А.В., Еремин Г.Б.; редактирование – Копытенкова О.И.; утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи – все соавторы.

Поступила 11.03.2019

Принята к печати 27.05.19

Опубликована 07.2019

Kopytenkova O.I.<sup>1,2</sup>, Levanchuk A.V.<sup>1,2</sup>, Yeremin G.B.<sup>1</sup>

## HYGIENIC CHARACTERISTICS OF THE ATMOSPHERIC AIR IN THE AREA OF INTENSIVE USE OF THE ROAD-CAR COMPLEX

<sup>1</sup>North-West Public Health Research Center, Saint-Petersburg, 191036, Russian Federation<sup>2</sup>Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, 190031, St.-Petersburg, Russian Federation

**Introduction.** The level of air pollution in the areas of traffic flows is influenced by fuel combustion processes. Among air pollutants, special attention should be paid to methane. Methane is formed during the combustion of liquid fuels and is a precursor of formaldehyde. Formaldehyde is synthesized in the presence of catalysts. Its concentration exceeded the maximum permissible limits.

**The aim of the study** is the hygienic assessment of additional aerogenic risk to public health due to formaldehyde, formed during the operation of the road-car complex (RCC).

**Material and methods.** The calculation of the amount of methane entering the air during the operation of vehicles from fuel combustion is determined in accordance with the EMEP/EEA emission inventory Manual (2016). The concentration of the studied pollutants is determined in accordance with the Order No. 273 of 06.06.2017 «Methods of calculation of dispersion of emissions of harmful (polluting) substances in the air». RCC is classified according to the intensity of traffic from 500 to 7,000 vehicles per hour. Risk calculation was carried out on the basis of guidance 2.1.10.1920-04 «Guidelines for assessing the risk to public health when exposed to chemicals that pollute the environment». The concentration of formaldehyde in ambient determined in accordance with the methodical instruction 4.1.1272-03. Statistical analysis was carried out using the Excel 2016 application package.

**Results.** Methane ( $CH_4$ ) emission factors (mg/km), presented in the EMEP/EEA Manual, allowed determining the amount of methane emission (mg/s) per 1 km at different traffic intensities (auth./hour.) The obtained data were used to calculate the model concentrations of formaldehyde synthesized from methane. The calculated model concentrations were used to calculate additional carcinogenic and non-carcinogenic risk due to formaldehyde.

**Conclusions.** The gain in motorization of the population is accompanied by an increase in air pollution in the zone of influence of road transport. However, the emission inventory does not take into account the possible transformation of the pollutants making up the exhaust gases. Incomplete information does not allow using them to predict health risk levels based on model concentrations. The results obtained allowed obtaining information about the amount of additional carcinogenic and non-carcinogenic risks created in the process of transformation of methane into formaldehyde. The most unfavorable temperature regime (0–15°C) contributing to the synthesis and slowing down the decay of formaldehyde in the atmosphere along the roads was revealed.

**Key words:** road transport; atmospheric air; pollutants; formaldehyde; health risk; carcinogenic risk.

**For citation:** Kopytenkova O.I., Levanchuk A.V., Yeremin G.B. Hygienic characteristics of the atmospheric air in the area of the intensive use of the road-car complex. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2019; 98(6): 613–618. (In Russ.). DOI: 10.18821/0016-9900-2019-98-6-613-618

**For correspondence:** Olga I. Kopytenkova, MD, Ph.D., DSci., Prof., chief researcher of the Department of hygiene of the North-West Public Health Research Center, Saint-Petersburg, 191036, Russian Federation. E-mail: 5726164@mail.ru.

**Information about the author:** Kopytenkova O.I., <https://orcid.org/0000-0001-8412-5457>; Levanchuk A.V., <https://orcid.org/0000-0003-2062-7401>; Yeremin G.B., <https://orcid.org/0000-0002-1629-5435>

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**Acknowledgments.** The study had no sponsorship.

**Contribution:** concept and design of the study – Kopytenkova O.I., Levanchuk A.V.; the collection and processing of the material – Levanchuk A.V.; aggregate – Kopytenkova O.I.; writing the text – Levanchuk A.V., Eremin G.B.; editing – Kopytenkova O.I.

Received: 11 March 2019

Accepted: 27 May 2019

Published 07.2019

## Введение

Для представления о компонентах изучаемой системы использован термин «дорожно-автомобильный комплекс» (ДАК), который представляет собой комплекс, состоящий из транспортных потоков по городской улично-дорожной сети различной интенсивности и собственно улично-дорожную сеть. Показателями, определяющими интенсивность развития ДАК, в данном случае можно считать уровень автомобилизации населения и степень развития улично-дорожной сети территории [1].

На уровень загрязнения атмосферного воздуха в районах с интенсивными транспортными потоками оказывают влияние процессы сжигания топлива, процесс первичного пылеобразования (деструкция дорожного полотна и деталей автомобиля) и вторичного пылеобразования (ресуспендирование) [2–5].

В состав отработавших газов входят:  $CO$ ,  $NO_x$ , неметановые летучие органические соединения, парниковый газ, окисляющие вещества, твёрдые частицы (соединения тяжёлых металлов), стойкие органические загрязнители, ядовитые вещества (диоксины и фураны). Немаловажное значение имеют онкогенные вещества, основу которых составляют полиароматические углеводороды (ПАУ) и формальдегид [6].

Среди загрязнителей воздушной среды вдоль ДАК следует обратить особое внимание на формальдегид, в незначительных количествах образующийся при сгорании жидкого топлива и поступающий в атмосферу с отработавшими газами.

Многолетние наблюдения за состоянием воздушного бассейна [7] позволили установить, что концентрации формальдегида, создаваемые антропогенными источниками, не могут объяснить непрерывный рост средних концентраций этого загрязнителя в воздушной среде городов.

В настоящее время наблюдается рост химической активности атмосферы [8–10]. Показано, что средний прирост концентрации формальдегида в два раза больше, чем его падение в отдельных регионах. В атмосфере непрерывно происходят реакции, заканчивающиеся образованием формальдегида, для чего необходимы метан и

присутствие катализаторов. По указанной причине его высокие концентрации следует ожидать в местах, где возможен выброс вышеозначенного углеводорода. Этот важный фактор следует учитывать при интерпретации многолетних изменений концентрации формальдегида как загрязнителя атмосферы.

По данным Государственного доклада «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2017 году» средние из максимальных концентраций формальдегида составили 1,2–1,9 ПДК. Средняя концентрация формальдегида в 2017 г. составила 8–9 мкг/м<sup>3</sup> (0,9 ПДКс.с.), что в пересчёте на норматив до 2015 г. составляет 3,0 ПДКс.с. [11]. Реальные изменения уровня загрязнения воздуха формальдегидом не происходят. Значительное количество формальдегида регистрируется на границе автомобильных дорог за счёт его образования при окислении метана. Следовательно, в реакции вовлекаются вещества, находящиеся в атмосфере, которые ранее считались инертными [12].

Цель исследования – гигиеническая оценка воздушной среды на основе определения дополнительного аэрогенного риска здоровью населения за счёт формальдегида, образующегося при эксплуатации ДАК.

## Материал и методы

С помощью Руководства по инвентаризации выбросов ЕМЕП/ЕАОС (2016 г.) [13] стало возможным произвести расчёт количества метана, который поступает в атмосферный воздух в процессе эксплуатации автомобилей при сжигании топлива.

На основе использования методических подходов к расчётам образования формальдегида из метана в присутствии катализаторов [14–16] произведён расчёт количества формальдегида, образующегося на границе автомобильных дорог.

В соответствии с Приказом № 273 от 06.06.2017 г. «Методы расчёта рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе» проведён расчёт рассеивания метана и формальдегида при эксплуатации ДАК с интенсивностью движения транспорта от 500 до 7 000 авт./ч.

Таблица 1

Коэффициенты выбросов (в мг/км) метана (CH<sub>4</sub>) [13]

Тип транспортного средства	Топливо	Городская среда		Трасса
		горячий запуск	холодный запуск	
Пассажирский	Бензин	201	131	41
	Дизельное	22	28	8
	Газ	80	80	25
Легковой	Бензин	201	131	41
	Дизельное	22	28	8
Грузовой	Бензин	–	140	70
	Дизельное	–	85	20
	Газ	–	4500	4500
Двухколесный	Бензин	–	150	150

Расчёт риска проведён на основе Р 2.1.10.1920–04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» [17].

Концентрации формальдегида определены в атмосферном воздухе в непосредственной близости к ДАК в различные сезоны года при температуре от –15°C до +22°C в соответствии с МУК 4.1.1272–03 «Измерение массовой концентрации формальдегида флуориметрическим методом в воздухе рабочей зоны и атмосферном воздухе населённых мест». Статистический анализ осуществлён с помощью пакета прикладных программ Excel 2016.

## Результаты

Изучение отечественных и зарубежных научных источников [7, 8, 12, 14–12] позволило установить, что одним из загрязнителей, поступающих в воздушную среду при сжигании жидкого топлива, является метан. Эти данные в настоящее время учитываются не во всех странах при инвентаризации выбросов автомобильного транспорта. Исследования химических процессов, протекающих в атмосфере [7, 18, 19], показали что при взаимодействии метана с оксидами азота и другими катализаторами образуется формальдегид, токсичность которого превосходит токсичность метана в 1 000 раз.

Продолжительность существования формальдегида в воздушной среде составляет ориентировочно 3 ч. Поскольку концентрации оксида углерода II в воздушной среде вдоль автомобильных дорог невелики, это позволяет предполагать, что реакция распада постоянно сопровождается реакцией синтеза [9].

В Руководстве по инвентаризации выбросов ЕМЕП/ЕАОС (2016 г.) представлены коэффициенты выбросов метана в зависимости от типа транспортного средства, используемого топлива и характера работы двигателя (табл. 1).

Информация о спектре транспортных средств, используемых в мегаполисе (на примере Санкт-Петербурга), позволила рассчитать количество выброса метана ДАК с различной интенсивностью транспортных потоков (табл. 2).

Для расчёта риска здоровью населения использованы среднесуточные расчётные концентрации формальдегида. Результаты расчёта неканцерогенного и канцерогенного рисков представлены в табл. 3 и 4.

Для определения влияния температуры наружного воздуха на синтез формальдегида изучены концентрации этого загрязнителя в различные периоды года. Для удобства статистической обработки температурный режим

Таблица 2

## Количество выброса (в мг/с) метана на 1 км при различной интенсивности транспортных потоков

Интенсивность транспортного потока, авт./ч	Выбросы метана, мг/с
500	10,81944
1 000	21,63889
1 500	32,45833
2 000	43,27778
2 500	54,09722
3 000	64,91667
3 500	75,73611
4 000	86,55556
4 500	97,375
5 000	108,1944
5 500	119,0139
6 000	129,8333
6 500	140,6528
7 000	151,4722

классифицирован на период ниже 0°C, период с диапазоном температуры воздуха от 0 до 15°C и период с температурой воздуха выше 15°C. Концентрации примеси распределены на 2 группы – больше и меньше 0,01 мг/м<sup>3</sup>.

Частота встречаемости концентрации формальдегида при T в пределах 0–15°C статистически значимо отличалась от таковой при T < 0 (p = 0,0083) и при T > 15° (p = 0,0003). Взаимосвязь концентрации формальдегида и температуры воздушной среды имеет нелинейный характер: при T < 0° и при T > 15° уровень формальдегида преимущественно ниже порога определения, т. е. < 0,01 мг/м<sup>3</sup>; при T от 0° до 15° (включительно) зафиксированы значения концентраций формальдегида преимущественно ≥ 0,01 мг/м<sup>3</sup>. Этот факт требует дальнейшего изучения.

## Обсуждение

Развитие автомобилизации населения в соответствии с «Транспортной стратегией Российской Федерации на период до 2030 года» [20] и Федеральной целевой программой «Развитие транспортной системы России (2010–2020 годы)» [21] приводит к увеличению числа эксплуатируемых автомобилей и, как следствие, к увеличению потребления жидкого топлива и количества отработавших газов, поступающих в воздушную среду в непосредственной близости к дорожно-автомобильному комплексу.

Состав отработавших газов хорошо изучен, однако многолетние исследования воздушной среды вблизи автомобильных дорог указывают на более высокие показатели загрязнения формальдегидом, чем можно было бы ожидать в результате инвентаризации выбросов автомобильного транспорта [6].

Результаты анализа литературы [22–24], касающейся описания химических процессов, протекающих в атмосферном воздухе, позволили определить, что предшественником формальдегида является метан, входящий в состав отработавших газов. Ввиду низкой токсичности (ОБУВ 50 мг/м<sup>3</sup>) метан недооценён как загрязнитель, опосредованно оказывающий негативное воздействие на здоровье населения.

Используя данные Руководства по инвентаризации выбросов ЕМЕП/ЕАОС (2016 г.), рассчитана интенсивность выбросов метана при различной интенсивности транспортных потоков при эксплуатации ДАК. Характеристика

Таблица 3

**Дополнительные величины показателя канцерогенного риска здоровью населения в результате воздействия формальдегида, синтезированного из метана**

Интенсивность транспортного потока, авт./ч	Метан		Формальдегид				
	10	10	50	100	150	200	250
	расстояние от дорожно-автомобильного комплекса, м · 10 <sup>-n</sup>						
500	0	1,5 · 10 <sup>-7</sup>	8,6 · 10 <sup>-8</sup>	5,6 · 10 <sup>-8</sup>	3,7 · 10 <sup>-8</sup>	3,2 · 10 <sup>-8</sup>	2,6 · 10 <sup>-8</sup>
1 000	0	3,0 · 10 <sup>-7</sup>	1,7 · 10 <sup>-7</sup>	1,1 · 10 <sup>-7</sup>	7,4 · 10 <sup>-8</sup>	6,5 · 10 <sup>-8</sup>	5,1 · 10 <sup>-8</sup>
1 500	0	4,5 · 10 <sup>-7</sup>	2,6 · 10 <sup>-7</sup>	1,7 · 10 <sup>-7</sup>	1,1 · 10 <sup>-7</sup>	9,8 · 10 <sup>-8</sup>	7,7 · 10 <sup>-8</sup>
2 000	0	5,9 · 10 <sup>-7</sup>	3,4 · 10 <sup>-7</sup>	2,2 · 10 <sup>-7</sup>	1,5 · 10 <sup>-7</sup>	1,3 · 10 <sup>-7</sup>	1,0 · 10 <sup>-7</sup>
2 500	0	7,4 · 10 <sup>-7</sup>	4,3 · 10 <sup>-7</sup>	2,8 · 10 <sup>-7</sup>	1,9 · 10 <sup>-7</sup>	1,6 · 10 <sup>-7</sup>	1,3 · 10 <sup>-7</sup>
3 000	0	8,9 · 10 <sup>-7</sup>	5,2 · 10 <sup>-7</sup>	3,3 · 10 <sup>-7</sup>	2,2 · 10 <sup>-7</sup>	2,0 · 10 <sup>-7</sup>	1,5 · 10 <sup>-7</sup>
3 500	0	1,0 · 10 <sup>-6</sup>	6,0 · 10 <sup>-7</sup>	3,9 · 10 <sup>-7</sup>	2,6 · 10 <sup>-7</sup>	2,3 · 10 <sup>-7</sup>	1,8 · 10 <sup>-7</sup>
4 000	0	1,2 · 10 <sup>-6</sup>	6,9 · 10 <sup>-7</sup>	4,5 · 10 <sup>-7</sup>	3,0 · 10 <sup>-7</sup>	2,6 · 10 <sup>-7</sup>	2,0 · 10 <sup>-7</sup>
4 500	0	1,3 · 10 <sup>-6</sup>	7,7 · 10 <sup>-7</sup>	5,0 · 10 <sup>-7</sup>	3,3 · 10 <sup>-7</sup>	2,9 · 10 <sup>-7</sup>	2,3 · 10 <sup>-7</sup>
5 000	0	1,5 · 10 <sup>-6</sup>	8,6 · 10 <sup>-7</sup>	5,6 · 10 <sup>-7</sup>	3,7 · 10 <sup>-7</sup>	3,2 · 10 <sup>-7</sup>	2,6 · 10 <sup>-7</sup>
5 500	0	1,6 · 10 <sup>-6</sup>	9,4 · 10 <sup>-7</sup>	6,1 · 10 <sup>-7</sup>	4,8 · 10 <sup>-7</sup>	3,6 · 10 <sup>-7</sup>	2,8 · 10 <sup>-7</sup>
6 000	0	1,8 · 10 <sup>-6</sup>	1,1 · 10 <sup>-7</sup>	6,7 · 10 <sup>-7</sup>	5,2 · 10 <sup>-7</sup>	3,9 · 10 <sup>-7</sup>	3,3 · 10 <sup>-7</sup>
6 500	0	1,9 · 10 <sup>-6</sup>	1,2 · 10 <sup>-7</sup>	7,2 · 10 <sup>-7</sup>	5,2 · 10 <sup>-7</sup>	4,2 · 10 <sup>-7</sup>	3,6 · 10 <sup>-7</sup>
7 000	0	2,1 · 10 <sup>-6</sup>	1,3 · 10 <sup>-6</sup>	7,8 · 10 <sup>-7</sup>	5,5 · 10 <sup>-7</sup>	4,6 · 10 <sup>-7</sup>	3,9 · 10 <sup>-7</sup>

количества метана, поступающего в воздушную среду с отработавшими газами, и сведения о трансформации его в формальдегид, легли в основу расчёта рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе и определения модельных концентраций на расстоянии от 0 до 250 м от ДАК с интенсивностью транспортных потоков от 500 до 7 000 авт./ч.

Расчёты показали, что при интенсивности транспортных потоков, начиная с 3 500 авт./ч на расстоянии 10 м от проезжей части и при интенсивности от 6 000 авт./ч на расстоянии 50 м от проезжей части дополнительный канцерогенный риск от воздействия синтезирующегося из метана формальдегида составляет от 1,0 · 10<sup>-6</sup> до 1,8 · 10<sup>-6</sup>.

Таблица 4

**Дополнительные величины показателя неканцерогенного риска здоровью населения в результате воздействия формальдегида, синтезированного из метана**

Интенсивность транспортного потока, авт./ч	Метан		Формальдегид				
	10	10	50	100	150	200	250
	расстояние от дорожно-автомобильного комплекса, м						
500	0	0,77	0,37	0,29	0,19	0,16	0,13
1 000	0	1,54	0,74	0,57	0,39	0,33	0,26
1 500	0	2,31	1,11	0,86	0,58	0,49	0,39
2 000	0	3,08	1,49	1,14	0,77	0,66	0,52
2 500	0	3,85	1,86	1,43	0,96	0,82	0,65
3 000	0	4,62	2,23	1,71	1,16	0,99	0,78
3 500	0	5,39	2,60	2,00	1,35	1,15	0,92
4 000	0	6,15	2,97	2,29	1,54	1,31	1,05
4 500	0	6,92	3,34	2,57	1,74	1,48	1,18
5 000	0	7,69	3,71	2,86	1,93	1,64	1,31
5 500	0	8,46	4,09	3,14	2,12	1,81	1,44
6 000	0	9,23	4,46	3,43	2,31	1,97	1,57
6 500	0	10,00	4,83	3,71	2,51	2,14	1,70
7 000	0	10,77	5,20	4,00	2,70	2,30	1,83

Подобные риски в соответствии с данными Руководства [17] приводят к росту фонового уровня онкологической заболеваемости.

Расчёты неканцерогенного риска указывают на то, что синтезированный формальдегид уже при интенсивности движения 1 000 авт./ч на расстоянии 10 м от проезжей части, при интенсивности 1 500 авт./ч на расстоянии до 50 м, при интенсивности 2 000 авт./ч на расстоянии до 100 м создаёт риск, определяющий тенденцию к росту фонового уровня заболеваний дыхательной системы и снижению иммунитета. Кроме того, при интенсивности движения транспорта 3 500 авт./ч на расстоянии до 10 м от проезжей части, при интенсивности движения транспорта 7 000 авт./ч на расстоянии до 50 м от проезжей части формируется высокий риск, характеризующийся достоверным превышением фонового уровня заболеваемости.

Статистическая обработка результатов натурных исследований концентраций формальдегида в атмосферном воздухе вблизи ДАК показала, что наиболее неблагоприятным, с гигиенической точки зрения, является период со среднесуточной температурой от 0 до 15°C. Именно в этот период происходит наиболее интенсивный синтез, сопровождающийся более медленным распадом формальдегида.

**Заключение**

Рост автомобилизации населения сопровождается ростом загрязнения воздушной среды в зоне влияния дорожно-автомобильного транспорта. Однако инвентаризация выбросов проводится без учёта возможной трансформации загрязнителей, входящих в состав отработавших газов. Неполный объём сведений не позволяет использовать их для прогнозирования уровней риска здоровью населения на основе модельных концентраций.

Полученные результаты позволили получить сведения о размере дополнительного канцерогенного и неканцерогенного рисков здоровью населения, создающихся в процессе трансформации метана в формальдегид.

Выявлен наиболее неблагоприятный температурный режим (0–15°C), способствующий синтезу и замедляю-

щий распад формальдегида в атмосфере вдоль автомобильных дорог.

Результаты исследования могут послужить обоснованием предложений по внесению изменений в действующие методики расчёта выбросов загрязняющих веществ от передвижных источников (автотранспорта), что, в свою очередь, окажет влияние на размеры и порядок установления санитарных разрывов от магистралей и дорожных развязок.

## Л и т е р а т у р а

(п. 13–16 см. References)

1. Леванчук А.В. Гигиеническое обоснование воздействия дорожно-автомобильного комплекса на атмосферный воздух жилой территории. Автореферат дис. ... доктора медицинских наук. Сев.-Зап. гос. мед. ун-т им. И.И. Мечникова. Санкт-Петербург, 2017.
2. Леванчук А.В., Копытенкова О.И., Башкетова Н.С. Количественная характеристика уровня загрязнения окружающей среды автомобильно-дорожным комплексом. *Приоритеты профилактического здравоохранения в устойчивом развитии общества: состояние и пути решения проблем: Материалы Пленума Научного совета по экологии и гигиене окружающей среды Российской Федерации. Москва, 12–13 декабря 2013 г.* М.; 2013: 209–11.
3. Рахманин Ю.А., Леванчук А.В. Современные направления совершенствования методологии социально-гигиенического мониторинга. *Современные методологические проблемы изучения, оценки и регламентирования факторов окружающей среды, влияющих на здоровье человека: Материалы Международного Форума Научного совета Российской Федерации по экологии человека и гигиене окружающей среды им. А.Н. Сытина* Минздрава России. Москва 12–13 декабря 2016 г. М.; 2018: 150–2.
4. Рахманин Ю.А., Леванчук А.В. Количественная пространственно-временная оценка загрязняющих веществ, поступающих в атмосферный воздух в результате сгорания топлива автомобильного транспорта. *Гигиена и санитария*. 2016; 95(11): 1021–4.
5. Рахманин Ю.А., Леванчук А.В. Гигиеническая оценка атмосферного воздуха в районах с различной степенью развития дорожно-автомобильного комплекса. *Гигиена и санитария*. 2016; 95(12): 1117–21.
6. Рахманин Ю.А., Румянцев Г.И., Новиков С.М. Методологические проблемы диагностики и профилактики заболеваний, связанных с воздействием факторов окружающей среды. *Гигиена и санитария*. 2001; (5): 3–7.
7. Безуглая Э.Ю., Ивлева Т.П. Формальдегид в атмосфере городов. Вопросы охраны атмосферы от загрязнения. *Материалы ежегодного сборника трудов НИК «Атмосфера»*. Санкт-Петербург. СПб.; 2003.
8. Безуглая Э.Ю. Трансформация оксидов азота в городах с предприятиями энергетики. *Инженерные системы*. 2004; 2.
9. Безуглая Э.Ю., Смирнова И.В. Проблема загрязнения воздуха. *Инженерные системы*. 2002; 2.
10. Онищенко Г.Г. Оценка и управление рисками для здоровья как эффективный инструмент решения задач обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения Российской Федерации. *Анализ риска здоровью*. 2013; (1): 4–14.
11. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2017 году». М.; 2017: 289.
12. Трифонов К.И., Кузнецова А.И., Афанасьев С.В., Рощенко О.С. Мониторинг формальдегида в атмосферном воздухе в городах Российской Федерации. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2014; 16, 1(7): 1862–5.
13. Р 2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду». М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004:143.
14. Рахманин Ю.А., Леванчук А.В., Копытенкова О.И., Фролова Н.М., Сазонова А.М. Определение дополнительного риска здоровью населения за счёт загрязняющих веществ, поступающих в атмосферный воздух при эксплуатации дорожно-автомобильного комплекса. *Гигиена и санитария*. 2018; 97(12): 1171–8.
15. Безуглая Э.Ю., Ивлева Т.П. Формальдегид в атмосфере городов. *Вопросы охраны атмосферы от загрязнения НИК «Атмосфера»*. 2003; 1.

20. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года. 2008; (актуализация 2019).
21. Федеральная целевая программа «Развитие транспортной системы России (2010–2020 годы)». 2001; (актуализация 08.02.2017 № 155).
22. Копытенкова О.И., Леванчук А.В., Мингулова И.Р., Турсунов З.Ш. Обоснование направлений социально-гигиенического мониторинга. *Приоритеты профилактического здравоохранения в устойчивом развитии общества: состояние и пути решения проблем: материалы Пленума Научного совета по экологии и гигиене окружающей среды Российской Федерации*. М.; 2013: 184–7.
23. Мироненко О.В., Копытенкова О.И., Леванчук А.В., Магомедов Х.К. Гигиеническая оценка влияния метана, поступающего из тела полигона для складирования осадков сточных вод, на состояние воздушного бассейна. *Вестник Санкт-Петербургского университета. Медицина*. 2018; 13 (3): 316–24.
24. Рахманин Ю.А., Леванчук А.В., Копытенкова О.И. Совершенствование системы социально-гигиенического мониторинга территорий крупных городов. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(4): 298–301.

## References

1. Levanchuk A.V. Hygienic justification of the impact of road-car complex on the atmospheric air of the residential area. The author's abstract dis. ... doctor of medical Sciences. I. I. Mechnikov North-Western state medical University. St. Petersburg, 2017. (in Russian).
2. Levanchuk A.V., Kopytenko O.I., Bashkatova N.S. A quantitative characterization of the level of environmental pollution of automobile-road complex. *Priorities of preventive health care in sustainable development of society: state and ways of solving problems: materials of the Plenum of the Scientific Council on ecology and environmental health of the Russian Federation. Moscow, 12–13 December 2013*; 2013: 209–11. (in Russian).
3. Rakhmanin Yu.A., Levanchuk A.V. Modern directions of improvement of methodology of social and hygienic monitoring. *Modern methodological problems of study, assessment and regulation of environmental factors affecting human health: Materials of the International Forum of the Scientific Council of the Russian Federation on human ecology and environmental health, dedicated to the 85th anniversary of the "A.N. Sytin Research Institute of human ecology and environmental health" Russian Ministry Of Health. Moscow 12–13 December 2016*. Moscow; 2018:150–2. (in Russian).
4. Rakhmanin Yu. a., Levanchuk A.V. Quantitative spatio-temporal assessment of pollutants in atmospheric air in the combustion of the fuel of road transport. *Gigiena i sanitariya [Hygiene and Sanitation, Russian journal]*. 2016; 95 (11): 1021–4. (in Russian).
5. Rakhmanin Yu. a., Levanchuk A.V. Hygienic evaluation of atmospheric air in the areas with different degree of development of road and road transport sector. *Gigiena i sanitariya [Hygiene and Sanitation, Russian journal]*. 2016; 95 (12): 1117–21. (in Russian).
6. Rachmanin Yu.A., Rummyantsev G.I., Novikov S.M. Methodological problems of diagnosis and prevention of diseases associated with the impact of environmental factors. *Gigiena i sanitariya [Hygiene and Sanitation, Russian journal]*. 2001; (5): 3–7. (in Russian).
7. Bezuglaya E. Yu., Ivleva T. P. Formaldehyde in the atmosphere of cities. Issues of protection of the atmosphere from pollution. *Materials of the annual collection of works of NPK "Atmosphere"*. Saint-Petersburg. SPb.; 2003. (in Russian).
8. Bezuglaya E.Yu. The Transformation of nitrogen oxides in cities with energy companies. *Inzhenernye sistemy [Utility systems]*. 2004; 2. (in Russian).
9. Bezuglaya E.Yu., Smirnova I.V. The Problem of air pollution. *Inzhenernye sistemy [Utility systems]*. 2002; 2. (in Russian).
10. Onishchenko, G. G. Assessment and management of health risks as an effective tool for solving problems of sanitary and epidemiological welfare of the population of the Russian Federation. *Analiz riska zdorov'yu [Health risk analysis]*. 2013; (1): 4–14. (in Russian).
11. State report "On the state and environmental protection of the Russian Federation in 2017". Moscow; 2017, 289. (in Russian).
12. Trifonov K. I., Kuznetsova A. I., Afanasyev S. V., Roshchenko O. S. Monitoring of formaldehyde in atmospheric air in cities of the Russian Federation. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk [Proceedings of the Samara scientific center of the Russian Academy of Sciences]*. 2014; 16, 1 (7): 1862–5. (in Russian).
13. EMEP/EEA emission inventory manual. Brussels: 2016.
14. David C. Lowe and Ulrich Schmidt. Formaldehyde. (HCHO) Measurements in the Nonurban Atmosphere. *Journal of geophysical research*. 1983; 15: 88: 10.844–58.

15. Solberg S., Dye C., Walker S.-E., Simpson D. Long-term measurements and model calculation of formaldehyde at rural European monitoring sites. *Atmospheric Environment*. 2001; 35: 195–207.
16. Thomas Terry L, Mock Melanie A., Rhyne Thomas C. Buchanam James W. Modeling ozone concentrations using meteorological variables in measurement of toxic and related air pollutants. *US EPA/A and WMA International Symposium*. Pittsburgh, Pennsylvania. 1991; 1: 61–70.
17. 2.1.10.1920 R-04 "Guide for assessing the risk to public health when exposed to chemical pollutants environment". M.: Federal center of Gos-sanepidnadzor of the Ministry of health of Russia, 2004, 143. (in Russian).
18. Rakhmanin Yu.A., Levanchuk A.V., Kopytenko O.I., Frolova N.M. Sazonov A.M. Determination of additional risk to public health due to pollutants entering the air during the operation of the road and automobile complex. *Gigiena i sanitariya [Hygiene and Sanitation, Russian journal]*. 2018; 97(12): 1171-8. (in Russian).
19. Bezuglaya E.Yu., Ivleva T.P. Formaldehyde in the atmosphere of cities. *Issues of protection of the atmosphere from pollution NPK "Atmosphere"*. 2003; 1. (in Russian).
20. Transport strategy of the Russian Federation for the period up to 2030. 2008; (updated 2019). (in Russian).
21. The Federal target program " Development of transport system of Russia (2010-2020)". 2001; (update 08.02.2017 № 155). (in Russian).
22. Kopytenkova O.I., Levanchuk A.V., Mingulova I.R., Tursunov Z.Sh. Justification of directions of social and hygienic monitoring. *Priorities of preventive health care in sustainable development of society: state and ways of solving problems: materials of the Plenum of the Scientific Council on ecology and environmental health of the Russian Federation*. Moscow; 2013: 184-7. (in Russian).
23. Mironenko O.V., Koptenkov O.I., Levanchuk A.V., Magomedov H.K. Hygienic evaluation of the effect of methane coming out of the body of the polygon for storage of sewage sludge, on the condition of the air basin. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Medicina. [Bulletin of St. Petersburg University. Medicine]*. 2018; 13 (3): 316-24. (in Russian).
24. Rakhmanin Yu. a., Levanchuk A.V., Kopytenko O. I. improving the system of socio-hygienic monitoring of territories of cities. *Gigiena i sanitariya [Hygiene and Sanitation, Russian journal]*. 2017; 96(4): 298-301. (in Russian).