

## ЭКОЛОГИЯ / ECOLOGY

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.153.98>ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ НА КАЧЕСТВО ВОЗДУХА  
ЖИЛОЙ И РАБОЧЕЙ ЗОНЫ

Научная статья

Харлямов Д.А.<sup>1,\*</sup>, Сулейманов И.Ф.<sup>2</sup>, Исрафилов Д.Ф.<sup>3</sup>, Маврин Г.В.<sup>4</sup><sup>1</sup>ORCID : 0000-0002-7728-4502;<sup>1,2,3,4</sup> Казанский (Приволжский) федеральный университет, Набережные Челны, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (chem\_ineka[at]inbox.ru)

**Аннотация**

В представленной работе с целью оценки воздействия предприятий общественного питания на качество воздуха жилой и рабочей зоны проведены исследования содержания загрязняющих веществ в составе выбросов различных кафе и ресторанов. Результаты экспериментов показали, что на источниках выбросов в атмосферу периодического действия, таких как грили (мангалы), наблюдаются высокое содержание продуктов горения газа (угля), а также происходит существенное увеличение концентрации летучих органических соединений (ЛОС). По результатам расчётов единичных и комплексного индексов загрязнения атмосферного воздуха установлено, что уровень загрязнения атмосферы в жилой зоне характеризуется как «низкий», наибольший вклад вносят: диоксид азота (30,9%), ацетон (21,2%), ацетальдегид (17,8%), акролеин (15,2%); в воздухе рабочей зоны – «повышенный», наибольший вклад – оксид углерода (18,2%), акролеин (14,3%), ацетон (10,5%), ацетальдегид (8,7%). Проведенная оценка риска для здоровья населения в зоне жилой застройки показала, что значения неканцерогенного и канцерогенного рисков соответствуют уровням «низкий» и «минимальный». Однако при применении аналогичных расчетов в воздухе рабочей зоны во время интенсивной работы кухни, значения неканцерогенного и канцерогенного рисков соответствуют уровням «высокий» и «средний», что, в свою очередь, указывает на то, что длительное воздействие повышенных концентраций продуктов горения и ЛОС оказывает значительное влияние на здоровье посетителей и работающего персонала и может нести потенциальный риск развития неблагоприятных эффектов.

**Ключевые слова:** предприятия общественного питания, атмосферный воздух, промышленные выбросы, воздух рабочей зоны, загрязняющие вещества, летучие органические соединения.

EVALUATION OF THE IMPACT OF PUBLIC CATERING ENTERPRISES ON THE AIR QUALITY OF  
RESIDENTIAL AND WORKING AREAS

Research article

Kharlyamov D.A.<sup>1,\*</sup>, Suleimanov I.F.<sup>2</sup>, Israfilov D.F.<sup>3</sup>, Mavrin G.V.<sup>4</sup><sup>1</sup>ORCID : 0000-0002-7728-4502;<sup>1,2,3,4</sup> Kazan (Volga Region) Federal University, Naberezhnye Chelny, Russian Federation

\* Corresponding author (chem\_ineka[at]inbox.ru)

**Abstract**

In the presented work, in order to assess the impact of catering establishments on the air quality of residential and working areas, the content of pollutants in the emissions of various cafés and restaurants was studied. The results of the experiments showed that at sources of periodic emissions into the atmosphere, such as grills (barbecues), a high content of gas (coal) combustion products is observed, and there is a significant increase in the concentration of volatile organic compounds (VOCs). According to the results of calculating single and complex indices of air pollution, it was found that the level of air pollution in the residential area is characterized as "low", the largest contribution is made by: nitrogen dioxide (30.9%), acetone (21.2%), acetaldehyde (17.8%), acrolein (15.2%); in the air of the working area - "increased", the largest contribution is carbon monoxide (18.2%), acrolein (14.3%), acetone (10.5%), acetaldehyde (8.7%). The conducted risk assessment for public health in the residential area showed that the values of non-carcinogenic and carcinogenic risks correspond to the levels of "low" and "minimal". However, when applying similar calculations in the air of the working area during intensive kitchen operation, the values of non-carcinogenic and carcinogenic risks correspond to the levels of "high" and "medium", which in turn indicates that long-term exposure to elevated concentrations of combustion products and VOCs has a significant impact on the health of visitors and working personnel and may carry a potential risk of developing adverse effects.

**Keywords:** catering establishments, atmospheric air, industrial emissions, workplace air, pollutants, volatile organic compounds.

**Введение**

В последние десятилетия предприятия общественного питания (кафе, рестораны, столовые и др.) стали важным элементом городской среды. Однако их функционирование зачастую сопровождается негативным воздействием на окружающую среду, особенно в селитебных зонах. По данным Всемирной организации здравоохранения, более 50% населения регулярно питается вне дома [1], что, в свою очередь, приводит к возрастанию нагрузки на атмосферный воздух со стороны организаций общепита. Исследования показывают, что заведения общественного питания могут быть источником до 10% локальных загрязнений воздуха в городах с высокой плотностью населения [2], [3], [4]. Особенно остро проблема стоит в крупных городах, где концентрация предприятий общепита значительно выше, чем

в провинциальных населенных пунктах. В таких условиях загрязняющие вещества, выбрасываемые кафе и ресторанами, оказывают прямое влияние на качество воздуха [5].

Приготовление пищи в кафе и ресторанах связано с выделением большого количества сажи, взвешенных частиц, жира и продуктов сгорания. Использование грилей, фритюрниц и печей, особенно на угле или газу, сопровождается выбросом углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ), оксидов азота ( $\text{NO}_x$ ), угарного газа ( $\text{CO}$ ), метана ( $\text{CH}_4$ ), а также летучих органических соединений (ЛОС). Мелкодисперсные частицы, выделяемые при приготовлении пищи, способны проникать глубоко в легкие, вызывая воспалительные процессы, хронические заболевания дыхательных путей, а также онкологические заболевания [6], [7]. ЛОС и  $\text{CO}$  могут вызывать головные боли, снижение концентрации внимания и хроническую усталость [8], [9]. Помимо этого, ЛОС вступают в реакции с  $\text{NO}_x$  под воздействием солнечного света, образуя озон на уровне земли, что является ключевым компонентом смога, а также способствуют формированию частиц аэрозоля, которые ухудшают видимость и могут вызывать раздражение дыхательных путей и аллергии. Выбросы  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  и некоторых ЛОС способствуют усилению парникового эффекта, что ведет к глобальному потеплению [10], [11], [12], [13]. Загрязнение воздуха вблизи кафе и ресторанов может отрицательно сказываться на растительности, ухудшая фотосинтез и снижая устойчивость растений к заболеваниям [14].

В рамках представленной работы с целью оценки влияния организаций общественного питания на качество воздуха жилой и рабочей зоны проведены исследования содержания загрязняющих веществ в составе промышленных выбросов кухонь нескольких кафе и ресторанов г. Набережные Челны. Выбросы в атмосферу на всех рассматриваемых объектах осуществляются через системы вытяжной вентиляции, расположенные на высоте 1-2 м от крыши здания, высота источников загрязнения атмосферного воздуха варьируется от 6 до 10 м в зависимости от типа здания (пристрой к многоэтажному дому, отдельно стоящее здание). Источниками выделения загрязняющих веществ при этом являются: электрические печи, варочные панели, грили, мангалы, фритюрницы, газовые горелки, моечные машины.

### Основная часть

На первоначальном этапе исследования в соответствии с [15] измерены и рассчитаны объемные расходы газопылевых потоков вытяжных систем. С применением портативного автоматического газоанализатора, а также соответствующих методик выполнения измерений определены концентрации  $\text{CO}$ , диоксида азота  $\text{NO}_2$  и сернистого ангидрида ( $\text{SO}_2$ ) [16], [17], [18]. Методом газовой хроматографии с фотоионизационным детектированием [19] проанализировано содержание ЛОС в составе промышленных выбросов. Измерения содержания загрязняющих веществ на рассматриваемых предприятиях проводили при максимальной нагрузке во время обеда (с 11:00 до 13:30) и ужина (с 17:00 до 19:00). Результаты измерений концентраций загрязняющих веществ ( $\text{мг/м}^3$ ) и рассчитанные значения максимальных выбросов ( $\text{г/сек}$ ) представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 - Загрязняющие вещества в составе промышленных выбросов предприятий общественного питания

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.153.98.1>

Наименование объекта / источника выброса	Содержание					
	$\text{CO}$		$\text{NO}_2$		$\text{SO}_2$	
	$\text{мг/м}^3$	$\text{г/сек}$	$\text{мг/м}^3$	$\text{г/сек}$	$\text{мг/м}^3$	$\text{г/сек}$
№1 (кафе) / общеобменная вытяжка	1,75	0,00081	0,65	0,00029	0,09	0,000048
№2 (ресторан) / общеобменная вытяжка	2,14	0,00196	0,78	0,00073	0,07	0,000063
№2 (ресторан) / гриль (мангал)	190	0,07390	15,2	0,00600	2,90	0,001142
№3 (кафе) / общеобменная вытяжка	1,36	0,00068	0,54	0,00027	0,11	0,000053
№4 (ресторан)	1,95	0,00174	0,95	0,00088	0,06	0,000057
№4 (ресторан) / гриль	172	0,05768	17,6	0,00589	3,65	0,001224

Наименование объекта / источник	Содержание					
	СО		NO <sub>2</sub>		SO <sub>2</sub>	
	мг/м <sup>3</sup>	г/сек	мг/м <sup>3</sup>	г/сек	мг/м <sup>3</sup>	г/сек
№5 (кафе) / общеобменная вытяжка	1,46	0,00085	0,45	0,00024	0,08	0,000051

Для оценки прогнозируемых приземных концентраций с применением программных продуктов «УПРЗА Эколог» было рассчитано рассеивание загрязняющих веществ выбрасываемых организациями общественного питания с учетом условий городской застройки. На основе введенных в программу количественных данных по измеренным выбросам были определены расчетные приземные концентрации СО, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, а также ЛОС на границе близлежащих жилых построек. В качестве примера в таблице 2 приведены результаты соответствующих расчетов по нескольким исследованным объектам.

Таблица 2 - Летучие органические соединения в составе промышленных выбросов предприятий общественного питания

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.153.98.2>

Показатель	Содержание					
	№2 (ресторан) / общеобменная вытяжка		№2 (ресторан) / гриль (мангал)		№4 (ресторан) / гриль	
	мг/м <sup>3</sup>	г/сек	мг/м <sup>3</sup>	г/сек	мг/м <sup>3</sup>	г/сек
Акролеин	0,032	0,000030	0,68	0,000256	0,71	0,000242
Ацетон	0,35	0,000319	1,92	0,000735	1,65	0,000570
Ацетальдегид	0,06	0,000048	0,11	0,000384	1,05	0,000373
Бензол	0,07	0,000058	0,34	0,000128	0,36	0,000128
Этиловый спирт	1,45	0,001390	7,85	0,003011	6,70	0,002332
Этилацетат	0,10	0,000087	0,52	0,000206	0,44	0,000151

Для определения уровня загрязнения атмосферного воздуха в жилой зоне были рассчитаны единичные индексы загрязнения атмосферы: коэффициент превышения ПДК (К<sub>i</sub>), индексы загрязнения атмосферы отдельной примесью (ИЗА), а также комплексный индекс загрязнения атмосферы приоритетными веществами (КИЗА):

$$K = \frac{c_i}{\text{ПДК}_{i,\text{м.р.}}} \quad (1)$$

$$\text{ИЗА} = \left( \frac{C_i}{\text{ПДК}_{i,\text{м.р.}}} \right)^{\beta_i}, \quad (2)$$

$$\text{КИЗА} = \sum_{i=1}^5 \left( C_i / \text{ПДК}_{i,\text{м.р.}} \right)^{\beta_i} \quad (3)$$

где:

$i$  – примесь,

$\beta_i$  – константа для различных классов опасности по приведению к степени вредности диоксида серы,

$C_i$  – концентрация  $i$ -гозагрязняющего вещества,

$\text{ПДК}_{i,\text{м.р.}}$  — ПДК  $i$ -гозагрязняющего вещества [20].

Результаты оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха на примере одного из заведений общественного питания, расположенного в 30 м от жилого дома приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Уровень загрязнения воздуха в жилой и рабочей зоне

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.153.98.3>

Показатель	NO <sub>2</sub>	Акролеин	Ацетальдегид	Ацетон	Этанол
К	0,46	0,27	0,21	0,25	0,17
ИЗА	0,36	0,18	0,21	0,25	0,17
КИЗА <sub>5</sub>	1,2				

Показатель	NO <sub>2</sub>	Акролеин	Ацетальдегид	Ацетон	Этанол
Вклад в общий уровень загрязнения, %	30,9	15,2	17,8	21,2	14,8

Согласно полученным данным, превышений ПДК по пяти приоритетным загрязняющим веществам на границе жилого дома не наблюдаются: коэффициент превышения ПДК – от 0,17 до 0,46. Значение КИЗА – 1,2, что характеризует уровень загрязнения атмосферы как «низкий». Наибольший вклад в загрязнение воздуха жилой зоны вносят NO<sub>2</sub> (30,9%), ацетон (21,2%), ацетальдегид (17,8%), акролеин (15, %).

С целью количественной характеристики вредных эффектов, развивающихся или способных развиваться в результате воздействия ЛОС на человека в соответствии с методиками, описанными в работах [21], [22] были рассчитаны значения показателей неканцерогенного (HQ) и канцерогенного рисков (R).

Неканцерогенный риск оценивался путем расчета коэффициента опасности (HQ):

$$HQ = C_i / RfC, \quad (4)$$

$$HQ = D_i / RfD \quad (5)$$

где:

D – доза i-го вещества при пероральном поступлении, мг/кг,

RfC, RfD – референтные (безопасные) концентрация и доза.

Для оценки суммарного воздействия химических веществ, применяли индекс опасности:

$$HI = HQ_1 + HQ_2 + \dots + HQ_n \quad (6)$$

где HQ<sub>1</sub>, HQ<sub>2</sub>, HQ<sub>n</sub> – коэффициенты опасности 1, 2, .. n -го химических веществ.

Канцерогенный риск определяли как произведение хронического дневного поступления (I) и показателя канцерогенности (SF) по формуле:

$$R = I \cdot SF \quad (7)$$

### Заключение

Оценка риска для здоровья в жилой зоне по всем измеренным загрязняющим веществам показала, что значения неканцерогенного и канцерогенного рисков соответствуют уровням «низкий» и «минимальный». Однако следует отметить, что при применении аналогичных расчетов при более высоких измеренных концентрациях загрязняющих веществ в воздухе рабочей зоны во время работы грилей (мангалов), значения неканцерогенного и канцерогенного рисков соответствуют уровням «высокий» и «средний», что, в свою очередь, указывает на то, что длительное воздействие высоких содержаний загрязняющих веществ окажет значительное влияние на здоровье посетителей и работающего персонала и может нести потенциальный риск развития неблагоприятных эффектов.

Таким образом, проведенные исследования показали, что уровень загрязнения атмосферного воздуха в жилой зоне в районах размещения исследованных предприятий общественного питания соответствуют санитарно-гигиеническим нормам. Обнаруженные существенные концентрации загрязняющих веществ в промышленных выбросах и рабочей зоне на некоторых объектах требуют внедрение соответствующего газоочистного оборудования, систем вентиляции и очистки воздуха рабочей зоны.

### Конфликт интересов

Не указан.

### Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

### Conflict of Interest

None declared.

### Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

### Список литературы / References

1. Zhang J. A comprehensive evaluation of the atmospheric impacts and health risks of cooking fumes from different cuisines / J. Zhang, W. Duan, S. Cheng [et al.] // Atmospheric Environment. — 2024. — Vol. 338. — P. 120837.
2. Cheng S. Characterization of volatile organic compounds from different cooking emissions / S. Cheng, G. Wang, J. Lang [et al.] // Atmospheric Environment. — 2016. — Vol. 145. — P. 299–307.
3. Shen X. Chemical characterization of volatile organic compounds (VOCs) emitted from multiple cooking cuisines and purification efficiency assessments / X. Shen, X. Li, B. Wu [et al.] // Journal of Environmental Sciences. — 2023. — Vol. 130. — P. 163–173.
4. Agbo K.E. Household indoor concentration levels of NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub> in Nsukka, Nigeria / K.E. Agbo, C. Walgraeve, J.I. Eze [et al.] // Atmospheric Environment. — 2024. — Vol. 244. — P. 117978.

5. ElSharkawy M.F. Impact of the Restaurant Chimney Emissions on the Outdoor Air Quality / M.F. ElSharkawy, O.A. Ibrahim // *Atmosphere*. — 2022. — Vol. 13(2). — P. 261.
6. Гошин М.Е. Оценка состояния здоровья населения при воздействии обладающих запахом компонентов выбросов предприятий агропромышленного комплекса и пищевой промышленности / М.Е. Гошин, З.Ф. Сабирова, О.В. Бударина [и др.] // *Гигиена и санитария*. — 2021. — Т. 100. — № 12. — С. 1359–1365.
7. Авдеева А.П. Оценка риска для здоровья населения от загрязнения воздуха выбросами предприятия пищевой промышленности / А.П. Авдеева, Д.В. Суржиков, Р.А. Голиков [и др.] // *Центральный научный вестник*. — 2017. — Т. 2. — № 4(21). — С. 3–4.
8. Alves C.A. Volatile organic compounds emitted by the stacks of restaurants / C.A. Alves, M. Evtugina, M. Cerqueira [et al.] // *Air Quality, Atmosphere & Health*. — 2015. — Vol. 8. — P. 401–412.
9. Huang X. Characteristics and health risk assessment of volatile organic compounds (VOCs) in restaurants in Shanghai / X. Huang, D. Han, J. Cheng [et al.] // *Environmental Science and Pollution Research*. — 2020. — Vol. 27. — P. 490–499.
10. Zulkifli M.F.H. Volatile organic compounds and their contribution to ground-level ozone formation in a tropical urban environment / M.F.H. Zulkifli [et al.] // *Chemosphere*. — 2022. — Vol. 302. — P. 134852.
11. Berezina E. Impact of VOCs and NOx on ozone formation in Moscow / E. Berezina, K. Moiseenko, A. Skorokhod [et al.] // *Atmosphere*. — 2020. — Vol. 11. — № 11. — P. 1–16.
12. Yong J. Unraveling the influence of biogenic volatile organic compounds and their constituents on ozone and SOA formation within the Yellow River Basin, China / J. Yong, Y. Xie, H. Guo [et al.] // *Chemosphere*. — 2024. — Vol. 353. — P. 141549.
13. Majumdar D. Emissions of greenhouse and non-greenhouse air pollutants from fuel combustion in restaurant industry / D. Majumdar, A. Chintada, J. Sahu [et al.] // *The International Journal of Environmental Science and Technology*. — 2013. — Vol. 10. — P. 995–1006.
14. Dhir B. Air pollutants and photosynthetic efficiency of plants / B. Dhir // *Plant Responses to Air Pollution*. — 2016. — P. 71–84.
15. ГОСТ 17.2.4.06-90. Методы определения скорости и расхода газопылевых потоков, отходящих от стационарных источников загрязнения. — Москва : Стандартинформ, 1990.
16. ПЭП-МВИ-002-18. Методика выполнения измерений массовой концентрации и определения массового выброса загрязняющих веществ в промышленных выбросах с применением газоанализаторов «Полар», «Протон», «Полар Универсал» и «Полар про» и массовой концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны с применением газоанализаторов «Полар-2». — Москва, 2018.
17. М-18. Методика выполнения измерений массовой концентрации оксидов азота в промышленных выбросах в атмосферу фотометрическим методом. — Санкт-Петербург, 2002. — С. 15.
18. М-15. Методика выполнения измерений массовой концентрации диоксида серы в промышленных выбросах в атмосферу фотоколориметрическим методом. — Санкт-Петербург, 2001. — С. 17.
19. М-МВИ 183-06. Методика выполнения измерений массовой концентрации органических веществ в воздухе рабочей зоны и выбросах предприятий газохроматографическим методом с фотоионизационным детектором. — Санкт-Петербург, 2006. — С. 17.
20. Маврин Г.В. Экологический мониторинг : учебное пособие / Г.В. Маврин, Д.А. Харлямов, Д.Д. Фазуллин [и др.]. — Набережные Челны : Изд.-полигр. центр Набережночелнинского института К(П)ФУ, 2022. — 124 с.
21. Степанова Н. В. Оценка неканцерогенного риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду / Н. В. Степанова, Э. Р. Валеева, С. Ф. Фомина. — Казань: Изд-во К(П)ФУ, ИФМиБ, 2015. — 102 с.
22. Степанова Н. В. Оценка канцерогенного риска для здоровья населения при воздействии химических веществ / Н. В. Степанова, Э. Р. Валеева, С. Ф. Фомина. — Казань: Изд-во К(П)ФУ, ИФМиБ, 2016. — 128 с.

### Список литературы на английском языке / References in English

1. Zhang J. A comprehensive evaluation of the atmospheric impacts and health risks of cooking fumes from different cuisines / J. Zhang, W. Duan, S. Cheng [et al.] // *Atmospheric Environment*. — 2024. — Vol. 338. — P. 120837.
2. Cheng S. Characterization of volatile organic compounds from different cooking emissions / S. Cheng, G. Wang, J. Lang [et al.] // *Atmospheric Environment*. — 2016. — Vol. 145. — P. 299–307.
3. Shen X. Chemical characterization of volatile organic compounds (VOCs) emitted from multiple cooking cuisines and purification efficiency assessments / X. Shen, X. Li, B. Wu [et al.] // *Journal of Environmental Sciences*. — 2023. — Vol. 130. — P. 163–173.
4. Agbo K.E. Household indoor concentration levels of NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub> in Nsukka, Nigeria / K.E. Agbo, C. Walgraeve, J.I. Eze [et al.] // *Atmospheric Environment*. — 2024. — Vol. 244. — P. 117978.
5. ElSharkawy M.F. Impact of the Restaurant Chimney Emissions on the Outdoor Air Quality / M.F. ElSharkawy, O.A. Ibrahim // *Atmosphere*. — 2022. — Vol. 13(2). — P. 261.
6. Goshin M.E. Ocenka sostojanija zdorov'ja naselenija pri vozdejstvii obladajušhjih zapahom komponentov vybrosov predpriyatij agropromyšlennogo kompleksa i pishhevoj promyšlennosti [Assessment of Population Health Status under the Influence of Odorous Components of Emissions from Agricultural and Food Industry Enterprises] / M.E. Goshin, Z.F. Sabirova, O.V. Budarina [et al.] // *Gigiena i sanitarija* [Hygiene and Sanitation]. — 2021. — Vol. 100. — № 12. — P. 1359–1365. [in Russian]
7. Avdeeva A.P. Health Risk Assessment for the Population from Air Pollution by Emissions from a Food Industry Enterprise / A.P. Avdeeva, D.V. Surzhikov, R.A. Golikov [et al.] // *Central'nyj nauchnyj vestnik* [Central Scientific Bulletin]. — 2017. — Vol. 2. — № 4(21). — P. 3–4. [in Russian]

8. Alves C.A. Volatile organic compounds emitted by the stacks of restaurants / C.A. Alves, M. Evtyugina, M. Cerqueira [et al.] // *Air Quality, Atmosphere & Health*. — 2015. — Vol. 8. — P. 401–412.
9. Huang X. Characteristics and health risk assessment of volatile organic compounds (VOCs) in restaurants in Shanghai / X. Huang, D. Han, J. Cheng [et al.] // *Environmental Science and Pollution Research*. — 2020. — Vol. 27. — P. 490–499.
10. Zulkifli M.F.H. Volatile organic compounds and their contribution to ground-level ozone formation in a tropical urban environment / M.F.H. Zulkifli [et al.] // *Chemosphere*. — 2022. — Vol. 302. — P. 134852.
11. Berezina E. Impact of VOCs and NO<sub>x</sub> on ozone formation in Moscow / E. Berezina, K. Moiseenko, A. Skorokhod [et al.] // *Atmosphere*. — 2020. — Vol. 11. — № 11. — P. 1–16.
12. Yong J. Unraveling the influence of biogenic volatile organic compounds and their constituents on ozone and SOA formation within the Yellow River Basin, China / J. Yong, Y. Xie, H. Guo [et al.] // *Chemosphere*. — 2024. — Vol. 353. — P. 141549.
13. Majumdar D. Emissions of greenhouse and non-greenhouse air pollutants from fuel combustion in restaurant industry / D. Majumdar, A. Chintada, J. Sahu [et al.] // *The International Journal of Environmental Science and Technology*. — 2013. — Vol. 10. — P. 995–1006.
14. Dhir B. Air pollutants and photosynthetic efficiency of plants / B. Dhir // *Plant Responses to Air Pollution*. — 2016. — P. 71–84.
15. GOST 17.2.4.06-90. Metody opredelenija skorosti i rashoda gazopylevyh potokov, othodjashhij ot stacionarnyh istochnikov zagrjaznenija [GOST 17.2.4.06-90. Methods for determining the velocity and flow rate of gas-dust streams emitted from stationary pollution sources]. — Moscow : Standartinform, 1990. [in Russian]
16. PEP-MVI-002-18. Metodika vypolnenija izmerenij massovoj koncentracii i opredelenija massovogo vybrosa zagrjaznjajushhij veshhestv v promyshlennyh vybrosah s primeneniem gazoanalizatorov «Polar», «Proton», «Polar Universal» i «Polar pro» i massovoj koncentracii vrednyh veshhestv v vozduhe rabochej zony s primeneniem gazoanalizatorov «Polar-2» [PEP-MVI-002-18. Methodology for measuring mass concentration and determining mass emissions of pollutants in industrial emissions using gas analyzers "Polar," "Proton," "Polar Universal," and "Polar Pro," and mass concentration of harmful substances in the working area air using gas analyzers "Polar-2"]. — Moscow, 2018. [in Russian]
17. M-18. Metodika vypolnenija izmerenij massovoj koncentracii oksidov azota v promyshlennyh vybrosah v atmosferu fotometricheskij metodom [M-18. Methodology for measuring the mass concentration of nitrogen oxides in industrial emissions into the atmosphere by the photometric method]. — Saint Petersburg, 2002. — P. 15. [in Russian]
18. M-15. Metodika vypolnenija izmerenij massovoj koncentracii dioksida sery v promyshlennyh vybrosah v atmosferu fotokolorimetricheskij metodom [M-15. Methodology for measuring the mass concentration of sulfur dioxide in industrial emissions into the atmosphere by the photocolometric method]. — Saint Petersburg, 2001. — P. 17. [in Russian]
19. M-MVI 183-06. Metodika vypolnenija izmerenij massovoj koncentracii organicheskij veshhestv v vozduhe rabochej zony i vybrosah predpriyatij gazohromatograficheskij metodom s fotoionizacionnym detektorom [M-MVI 183-06. Methodology for measuring the mass concentration of organic substances in the working area air and enterprise emissions by the gas chromatographic method with a photoionization detector]. — Saint Petersburg, 2006. — P. 17. [in Russian]
20. Mavrin G.V. Jekologicheskij monitoring [Environmental Monitoring] : Textbook / G.V. Mavrin, D.A. Kharlyamov, D.D. Fazullin [et al.]. — Naberezhnye Chelny : Publishing and Printing Center of Naberezhnye Chelny Institute of K(P)FU, 2022. — 124 p. [in Russian]
21. Stepanova N.V. Ocenka nekancerogennoho riska dlja zdorov'ja naselenija pri vozdejstvii himicheskij veshhestv, zagrjaznjajushhij okruzhajushhuju sredu [Assessment of Non-Carcinogenic Health Risk to the Population from Exposure to Chemical Substances Polluting the Environment] / N.V. Stepanova, E.R. Valeeva, S.F. Fomina. — Kazan : Publishing House of K(P)FU, IFMiB, 2015. — 102 p. [in Russian]
22. Stepanova N.V. Ocenka kancerogennoho riska dlja zdorov'ja naselenija pri vozdejstvii himicheskij veshhestv [Assessment of Carcinogenic Health Risk to the Population from Exposure to Chemical Substances] / N.V. Stepanova, E.R. Valeeva, S.F. Fomina. — Kazan : Publishing House of K(P)FU, IFMiB, 2016. — 128 p. [in Russian]