

Читать
онлайн
Read
online

Бударина О.В.¹, Сабирова З.Ф.², Сковронская С.А.¹, Додина Н.С.¹, Кохан А.А.¹,
Малышева А.Г.²

Комплексная гигиеническая оценка загрязнения атмосферного воздуха в районе размещения предприятий пищевой и перерабатывающей промышленности

¹ФБУН «Федеральный научный центр гигиены имени Ф.Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 141014, Мытищи, Россия;

²ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Федерального медико-биологического агентства, 119121, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. Промышленные объекты и производства по обработке пищевых продуктов являются значительными источниками загрязнения атмосферного воздуха различными пахучими веществами. Проведение комплексных исследований позволит разработать эффективный алгоритм контроля загрязнения атмосферного воздуха и действенные управленческие решения по сокращению уровня загрязнения и улучшению качества окружающей среды в районах размещения предприятий — источников раздражающих (навязчивых) промышленных запахов.

Цель исследования — оценка на основе комплекса инструментальных, ольфакто-одориметрических, расчётных и опросных методов загрязнения атмосферного воздуха в городе с функционирующими предприятиями пищевой и перерабатывающей промышленности.

Материалы и методы. Аналитические исследования загрязнения атмосферного воздуха выполнены с помощью хромато-масс-спектрометра FOCUS GC-DSQ-II. Ольфакто-одориметрические исследования наличия и интенсивности запаха в районе размещения предприятий проведены с подветренной стороны на различных расстояниях от источников в соответствии с методикой органолептического контроля. Измерение уровня запаха на выбросе распылительной сушилки кофейного экстракта осуществлялось методом динамической ольфактометрии на ольфактометре ЕСОМА ТО-8. Расчёт рассеивания запаха проведён с использованием методики расчёта концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе.

Результаты. Установлено, что на момент проведения исследований источником стойкого специфического запаха, достигающего жилой зоны, было предприятие по производству кофе. В атмосферном воздухе района размещения предприятия идентифицировано до 78 летучих органических соединений в концентрациях, не превышающих гигиенических нормативов. Полевые ольфакто-одориметрические исследования и проведённый расчёт рассеивания свидетельствуют о том, что навязчивый запах, способный вызывать «раздражение» населения (3 балла и выше с вероятностью $\geq 5\%$ по результатам натурных исследований или $\geq 3,5$ ЕЗ (единиц запаха) по результатам расчёта), распространяется на расстояние до 4 км от основного источника выбросов.

Ограничение исследования. Основным ограничением исследования является режим работы ряда предприятий, затрудняющий полную оценку экологической ситуации в районе их размещения на момент проведения исследований.

Заключение. Результаты исследования свидетельствуют о том, что использование различных методических подходов (полевых ольфакто-одориметрических измерений, расчёта рассеивания запаха) наряду с проведением опросов населения существенно расширяет возможности инструментального анализа для объективной оценки загрязнения атмосферного воздуха сложными многокомпонентными смесями пахучих веществ.

Ключевые слова: запах; атмосферный воздух; пищевые и перерабатывающие производства; выбросы пахучих веществ; ольфакто-одориметрические исследования; расчёт рассеивания запаха

Соблюдение этических стандартов. Исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике.

Для цитирования: Бударина О.В., Сабирова З.Ф., Сковронская С.А., Додина Н.С., Кохан А.А., Малышева А.Г. Комплексная гигиеническая оценка загрязнения атмосферного воздуха в районе размещения предприятий пищевой и перерабатывающей промышленности. *Гигиена и санитария*. 2024; 103(3): 198–207. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-3-198-207> <https://elibrary.ru/dkrsppg>

Для корреспонденции: Бударина Ольга Викторовна, доктор мед. наук, гл. науч. сотр. отд. анализа риска здоровью населения ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, 141014, Мытищи. E-mail: budarina.ov@fncg.ru

Участие авторов: Бударина О.В. — концепция и дизайн исследования, написание текста, редактирование статьи; Сабирова З.Ф. — написание текста, редактирование статьи; Сковронская С.А. — сбор и обработка материала, редактирование статьи; Додина Н.С. — сбор и обработка материала; Кохан А.А. — статистический анализ; Малышева А.Г. — сбор и обработка материала. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование выполнено в рамках государственного задания № 1023032300263-5-3.3.5.

Поступила: 13.02.2024 / Принята к печати: 11.03.2024 / Опубликовано: 10.04.2024

Olga V. Budarina¹, Zulfiya F. Sabirova², Svetlana A. Skovronskaya¹, Natalia S. Dodina¹, Aleksandra A. Kokhan¹, Alla G. Malysheva²

Comprehensive hygienic assessment of ambient air pollution in the area of food and processing industry enterprises' location

¹Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman of the Federal Service for Supervision in Protection of the Rights of Consumer and Man Wellbeing, Mytischki, 141014, Russian Federation;

²Centre for Strategic Planning of FMBA of Russia, Moscow, 119121, Russian Federation

ABSTRACT

The purpose of the study is to assess atmospheric air pollution in a city where food and processing enterprises operate using a complex of instrumental, olfacto-odourimetric, calculated, and survey methods.

Materials and methods. Analytical studies of ambient air pollution were performed using the FOCUS GC-DSQ-II chromatography-mass spectrometer. Olfacto-odourimetric studies of the presence and intensity of odour in the area of the enterprises were carried out in accordance with the method of organoleptic control downwind at various distances from sources. The measurement of the odour level at the discharge of the coffee extract spray dryer was carried out by dynamic olfactometry on the ECOMA TO-8 olfactometer. The calculation of odour dispersion was implemented according to a program using a methodology for calculating concentrations of harmful substances in ambient air.

Results. It was established that at the time of the research, the source of a persistent specific odour reaching the residential area was a coffee production enterprise. Up to seventy eight volatile organic compounds in concentrations not exceeding hygienic standards have been identified in the ambient air in the area of the enterprise's location. Field olfacto-odourimetric studies and the conducted dispersion calculation indicate an offensive odour to be capable of causing "annoyance" to the population (3 points or higher with a probability of $\geq 5\%$ according to the results of field studies or ≥ 3.5 OU (odour units) according to the calculation results) spreads up to 4 km from the main source of emissions.

Limitations. The main limitation of the study is the peculiarities of the operating mode of different enterprises, which makes it difficult to fully assess the environmental situation in the area of their location at the time of the research.

Conclusion. The results of these studies indicate the use of various methodological approaches (field olfacto-odourimetric measurements, calculation of odour dispersion), along with conducting population surveys, to significantly expand the possibilities of instrumental analysis for an objective assessment of ambient air pollution by complex multicomponent mixtures of odorous substances.

Keywords: odour; ambient air; food and processing industries; emissions of odorous substances; olfacto-odourimetric studies; calculation of odour dispersion

Compliance with ethical standards. The study does not require the submission of the conclusion of the biomedical ethics committee.

For citation: Budarina O.V., Sabirova Z.F., Skovronskaya S.A., Dodina N.S., Kokhan A.A., Malysheva A.G. Comprehensive hygienic assessment of atmospheric air pollution in the area of food and processing industry enterprises' location. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian Journal*. 2024; 103(3): 198–207. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-3-198-207> <https://elibrary.ru/dkrsrg> (In Russ.)

For correspondence: Olga V. Budarina, MD, PhD, DSci., Chief Researcher of the Department of Risk Analysis for Public Health of the Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman of the Federal Service for Supervision in Protection of the Rights of Consumer and Man Wellbeing, Mytischki, 141014, Russian Federation. E-mail: budarina.ov@fncg.ru

Contribution: Budarina O.V. – concept and design of the study, writing the text, editing the article; Sabirova Z.F. – writing the text, editing the article; Skovronskaya S.A. – collection and processing of the material, editing the article; Dodina N.S. – collection and processing of the material; Kokhan A.A. – statistical analysis; Malysheva A.G. – collection and the processing of the material. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

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

Acknowledgement. The study was carried out within the framework of the state task No. 1023032300263-5-3.3.5.

Received: February 13, 2024 / Accepted: March 11 2024 / Published: April 10, 2024

Введение

Промышленные объекты и производства по обработке пищевых продуктов являются значительными источниками загрязнения атмосферного воздуха различными пахучими веществами. Разнообразие сырья животного и растительного происхождения, а также специфика технологических процессов по его переработке определяют различия в химическом составе выбросов, характерных для каждого производства [1, 2]. Применение хромато-масс-спектрометрического метода позволило существенно расширить представление о составе выбросов многих предприятий. В результате анализа технологических процессов на предприятиях разных отраслей промышленности [2] установлено, что в большинстве случаев запахи их выбросов обусловлены широким спектром веществ, в основном органических. Среди указанных объектов значительна доля предприятий агропромышленного комплекса и пищевой промышленности, которые не являются опасными с точки зрения санитарного законодательства. За некоторым исключением (объекты по содержанию и убою скота, мясокомбинаты и др.) эти предприятия относятся к III–V классам опасности с размером их санитарно-за-

щитных зон (СЗЗ) от 300 до 50 м¹. Загрязнение атмосферного воздуха сложными по своему составу выбросами предприятий, распространяясь на расстояния, существенно превышающие размеры их СЗЗ, может создавать значительную проблему для жителей близлежащих районов и контролирующих организаций. Результаты многочисленных научных исследований, проведённых в различных странах, показали, что запахи в атмосферном воздухе вне зависимости от их гедонического тона², воспринимаемые как неприятные, непереносимые, приобретающие навязчивый характер, вызывают не только жалобы населения, изменение привычных моделей поведения, но и различные соматические и эмоциональные расстройства [3, 4], выступают в качестве индикаторов опасного токсического загрязнения [5–7], а также являются дополнительным фактором риска развития болезней органов и систем – мишеней стресса [8]. Запахи,

¹ СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200–03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. Утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28.02.2022 г. № 7.

² Приятность либо неприятность запаха.

вызывающие жалобы населения, могут быть обусловлены примесями в атмосферном воздухе в случаях превышения гигиенических нормативов вследствие неблагоприятных метеорологических условий (НМУ), возможного нарушения технологических регламентов и возникновения нештатных ситуаций, низкой эффективности очистного оборудования, увеличения производственных мощностей и недостаточных мер по снижению выбросов. Тем не менее в большинстве наблюдаемых случаев отмечается отсутствие превышений предельно допустимых концентраций при наличии запаха в атмосферном воздухе [1, 8]. Многие эксперты связывают это с несвоевременным отбором проб при поступлении жалобы из-за трудностей согласования проверок. Следует отметить, что даже в течение разового (двадцатиминутного) отбора проб воздуха интенсивный запах может смениться полным его отсутствием, то есть запах вследствие особенностей его воздействия на обонятельный анализатор (практически с немедленной реакцией ответа и возможностью адаптации) как показатель вредности не адекватен длительности отбора разовой пробы воздуха для инструментального химического анализа. Как показала практика, в основном запахи обусловлены веществами, не учтёнными при инвентаризации выбросов, и их комбинированным действием в составе сложной смеси, при котором порог запаха веществ может быть существенно ниже, чем их индивидуальный порог, учитываемый при обосновании ПДК [9]. Изложенное выше обуславливает необходимость актуализации дополнительных методов контроля запаха в атмосферном воздухе населённых мест.

Международный опыт в области контроля и оценки запаха в атмосферном воздухе включает разнообразные подходы [10]. Наряду с инструментальными аналитическими методами используется мониторинг с помощью полевых ольфактометров или отобранных испытателей. Широкое применение получил метод прогноза возможного уровня воздействия запахов путём моделирования атмосферной дисперсии. Поскольку все эти прогнозные или наблюдательные (эмпирические) инструменты имеют как преимущества, так и недостатки, считается, что для повышения качества и достоверности оценки запаха в атмосферном воздухе в районах размещения предприятий — источников выбросов пахучих веществ целесообразно применять все имеющиеся подходы, включая социологические исследования и другие инструменты оценки состояния здоровья населения [3, 8]. Проведение таких комплексных исследований позволит разработать эффективный алгоритм контроля загрязнения атмосферного воздуха и действенные управленческие решения по сокращению уровня загрязнения и улучшению качества окружающей среды в районах размещения предприятий — источников раздражающих (навязчивых) промышленных запахов.

Цель работы — оценка загрязнения атмосферного воздуха пахучими веществами в городе с функционирующими предприятиями пищевой и перерабатывающей промышленности — источниками специфического запаха, с помощью комплекса инструментальных, ольфакто-одориметрических, расчётных и опросных методов.

Материалы и методы

Для проведения комплексной оценки загрязнения атмосферного воздуха пахучими веществами широкого спектра выбран населённый пункт с численностью населения 53 000 человек, в котором функционируют предприятия по производству растворимого кофе, костной муки, молочной продукции, сахарный завод, кондитерский комбинат, имеются зернохранилище и полигон ТБО. Атмосферные выбросы большинства указанных предприятий обладают специфическим запахом, присутствие которого в городе наблюдается повсеместно и достаточно часто, при этом содержание загрязняющих веществ в воздухе может не превышать гигиенических нормативов, установленных для условий на-

селённых мест [8]. Особенности технологии производства предприятий, качественный и количественный состав выбросов, расчётные уровни загрязнения атмосферного воздуха в районе их размещения изучены по сводным томам предельно допустимых выбросов (ПДВ) и проектным материалам обоснования санитарно-защитных зон (СЗЗ). На момент проведения исследований сахарный завод и предприятие по производству костной муки не функционировали в связи с особенностями производственных процессов, включая сезонность.

Ольфакто-одориметрические исследования атмосферного воздуха в районе размещения действующих предприятий проведены в соответствии с методикой органолептического контроля [11], принцип которой заключается в определении наличия и интенсивности запаха с подветренной стороны на различных расстояниях от источников с учётом апробированной за рубежом практики полевых измерений запаха [12]. Интенсивность (сила) запаха определяется по шестибальной шкале: 0 баллов — отсутствие запаха; 1 балл — очень слабый запах; 2 балла — слабый; 3 балла — умеренный; 4 балла — сильный; 5 баллов — очень сильный. К исследованиям привлекали группу из четырёх человек, специально отобранных по чувствительности в соответствии с Европейским стандартом EN 13725 [13]. Для регистрации направления и расстояния от пунктов наблюдения до источника выброса использовали ситуационный план предприятия и карту района его размещения.

Всего выполнено 540 подфакельных органолептических замеров на разных расстояниях к юго-западу от корпуса сушилки кофейного экстракта (основного источника запаха) в следующих точках: в 750 м от источника (промзона); в 1400 м (поле для выращивания сельскохозяйственных культур); в 1900 м (край поля у лесополосы, около полигона ТБО); в 5400 м (в городе). В этих же точках одновременно производили отбор проб атмосферного воздуха в сорбционные трубки для химико-аналитического определения его качественного и количественного состава³.

Аналитические исследования выполнены хромато-масс-спектрометрическим методом, позволяющим идентифицировать и количественно определять с чувствительностью на уровне и ниже гигиенических нормативов широкий спектр органических веществ C_1 – C_{20} в атмосферном воздухе с неизвестным составом загрязняющих веществ. Применяли метрологически аттестованное оборудование — хромато-масс-спектрометр Focus DS с DSQ (США) в соответствии с аттестованными методиками^{4,5,6,7}.

Для дополнительной оценки загрязнения воздуха запахом в районе размещения предприятий использован подход, включающий отбор проб выбросов на наиболее мощных источниках запаха, ольфактометрическое измерение уровня запаха в выбросах (в ЕЗ/м³), расчёт рассеивания запаха и оценку его уровней в атмосфере в соответствии с методологией регулирования запаха во многих зарубежных странах [10, 13].

Отбор проб вентиляционных выбросов из распылительной сушилки кофейного экстракта (организованный источник, высота — 44 м; диаметр — 1,2 м; температура выбросов на выходе — плюс 93 °С; скорость потока — 20,364 м/с) в налофановые мешки и последующее измерение уровня запаха

³ Руководящий документ РД 5204.186–89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы». Госкомгидромет СССР. М., 1989.

⁴ Методические указания по хромато-масс-спектрометрическому определению летучих органических веществ в атмосферном воздухе МУК 4.1.618–96.

⁵ Методические указания по определению стирола, фенола и нафталина в воздухе методом хромато-масс-спектрометрии. МУК 4.1.2594–10.

⁶ Методические указания по хромато-масс-спектрометрическому определению летучих органических веществ кофе в атмосферном воздухе. МУК 4.1.2973–12.

⁷ Методические указания по хромато-масс-спектрометрическому определению ограниченно летучих органических веществ кофе в атмосферном воздухе. МУК 4.1.2974–12.

Таблица 1 / Table 1

Результаты ольфакто-одориметрических исследований воздуха в районе размещения предприятия на различных расстояниях от основного источника запаха

The results of olfacto-odourimetric studies of the air in the area of the enterprise’s location at various distances from the main odour source

Расстояние, м Distance, m	Вероятность ощущения запаха, % The probability of odour detection, %	Вероятность ощущения запаха разной силы, % / The probability of the detection of the odour of different strength, %				
		1 балл / point	2 балла / points	3 балла / points	4 балла / points	5 баллов / points
750	77.0	12.2	16.1	30.6	18.1	—
1400	63.3	16.7	13.3	25.0	8.3	—
1900	73.4	18.4	21.7	26.7	6.6	—
5400	38.3	26.7	8.3	3.3	—	—

в выбросе методом динамической ольфактометрии осуществляли согласно EN 13725 [13] с использованием динамического ольфактометра ЕСОМА ТО-8. Расчёт рассеивания специфического запаха для указанного источника проведён с использованием программы «Экологическая отчётность», разработанной компанией «ЭКОцентр». В основу расчётных методов положена «Методика расчёта концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий (ОНД-86)».

При моделировании рассеивания запаха в атмосферном воздухе для его оценки использовали два критерия «приемлемости»⁸: 1,6 ЕЗ/м³ — «целевое» значение по результатам лабораторных ольфакто-одориметрических исследований выбросов и 3,5 ЕЗ/м³ — «предельное» значение (согласно принятому за рубежом критерию качества воздуха по запаху в районе размещения кофееобжарочных предприятий) [10]. Расчётными стали точки на границе промплощадки в разных направлениях, у ближайшей жилой застройки, а также на различных расстояниях от предприятия.

Результаты

Согласно результатам анализа градостроительной ситуации, предприятие по производству растворимого кофе, кондитерский комбинат, предприятие по производству молочной продукции размещены в промзоне северо-восточной части города. На расстоянии более 1000 м к западу от промзоны находятся полигон ТБО и завод по производству костной муки (размер СЗЗ выдержан согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200–03 и составляет 1000 м). Сахарный завод расположен отдельно, в восточной части города.

Город в основной своей части расположен с юга, юго-востока и юго-запада от промзоны, при этом ближайшие жилые дома находятся на расстоянии 670; 830 и 1260 м соответственно в юго-восточном, южном и юго-западном направлении от основного источника выбросов пахучих веществ (корпуса сушки кофейного экстракта). Ближайшие земельные участки садово-огородного товарищества (СОТ) расположены на расстоянии 395 и 425 м от основного источника к востоку и юго-востоку соответственно. В северном направлении от промзоны одиночная жилая одноэтажная застройка находится на расстоянии 540–555 м от источника.

В соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200–03 производства кофееобжарочные мощностью свыше 10 тыс. тонн в год относятся к IV классу опасности с размером СЗЗ 100 м, кондитерские и молочные производства — к V классу с размером СЗЗ 50 м.

⁸ Критерий приемлемости (acceptability criterion) или критерий экспозиции запаха (odour exposure criterion) — уровень экспозиции запаха, который, согласно текущему пониманию, является приемлемым для большинства населения. Выражается в количестве единиц запаха (ЕЗ/м³, ЕЕЗ/м³) как процентиля среднечасового значения в год и основан на исследованиях «доза — эффект», проведённых в отношении ряда промышленных источников пахучих веществ [10].

На момент проведения исследования завод по производству костной муки и сахарный завод не функционировали. Поэтому ольфакто-одориметрические исследования для выявления основных источников запаха в атмосферном воздухе были сконцентрированы в промзоне, где расположены предприятия по производству кофе, молочной продукции и кондитерский комбинат. Согласно проведённым исследованиям, кондитерский комбинат и предприятие по производству молочной продукции не являлись значительными источниками запаха, способного распространяться за пределы промплощадки предприятий. Исследования показали, что источником стойкого специфического запаха, достигающего жилой зоны, было предприятие по производству кофе.

Результаты ольфакто-одориметрических исследований атмосферного воздуха на различных расстояниях от основного источника запаха предприятия по производству кофе представлены в табл. 1.

Как показывают представленные данные, специфический запах производства кофе на момент проведения исследований распространялся на расстояния свыше 5 км от источника. Несмотря на постепенное уменьшение частоты и силы запаха по мере удаления от источника, на расстоянии около 2 км запах все ещё квалифицируется как неприятный (вероятность обнаружения запаха силой 3–4 балла — более 30%) [11]. Некоторое увеличение вероятности ощущения запаха на расстоянии 1900 м могло быть обусловлено присутствием других источников, в частности полигона ТБО. В соответствии с построенной зависимостью «вероятность обнаружения запаха разной силы — расстояние» определено, что запах силой 3 балла и выше достигает приемлемого уровня (вероятности 5%) [14] на расстоянии около 4 км от источников.

При проведении ольфакто-одориметрических исследований по ходу технологического процесса на предприятии установлено, что выбросы с выраженным специфическим запахом формируются в первую очередь в процессе обжарки зёрен кофе и грануляционной сушки кофейного экстракта. По результатам инвентаризации выбросов, представленным в проектной документации, в составе летучих органических соединений (ЛОС), выделяющихся от этих источников, идентифицировано 50 веществ, при этом более 80% (82,6%) приходится на 15 веществ (метилфуран, ацетон, ацетальдегид, фуран, уксусная кислота, метанол, кофеин-основание, акролеин, диацетил, метилацетат, бензол, диметилсульфид, бутан-2-он, фурфурол, метилмеркаптопропионовый альдегид), из них на первые 5 веществ приходится 50%.

Состав выбросов от процессов обжарки зёрен кофе и сушки кофейного экстракта, определяющих специфический запах в районе размещения предприятия, по результатам инвентаризации показан на рис. 1.

Согласно результатам расчёта рассеивания выбросов загрязняющих веществ, проведённого с использованием унифицированной программы расчёта загрязнения атмосферы «Эколог» (версия 3.1), на границах ориентировочной СЗЗ

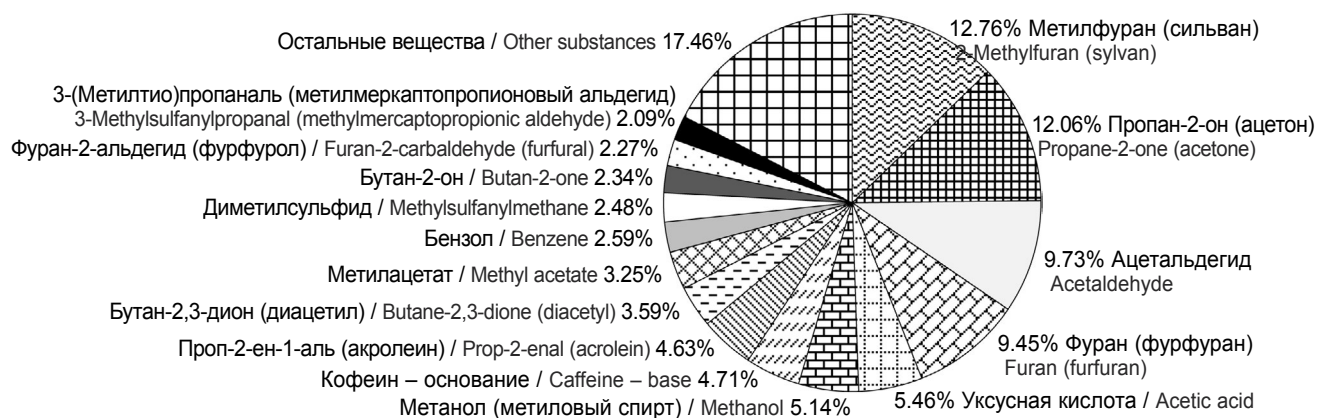


Рис. 1. Общая структура выбросов летучих органических веществ (%).

Fig. 1. General structure of volatile organic matter emissions (%).

(100 м от границ промплощадки), садово-огородных участков и селитебной территории значения приземных концентраций загрязняющих веществ (с учётом фона) не превышают гигиенических нормативов, установленных с учётом порогов запаха.

Результаты собственных химико-аналитических исследований показали, что в атмосферном воздухе под факелом выбросов на различных расстояниях от источника идентифицировано 78 органических соединений, в том числе углеводороды (31), спирты (4), органические кислоты (7), сложные эфиры (6), кетоны (6), фураны (3), альдегиды (6),

терпеновые спирты и кетоны (2), азотсодержащие гетероциклические соединения (6), а также галогенпроизводные углеводородов (7). Наибольший вклад в загрязнение приходится на терпеновые и предельные углеводороды, спирты, сложные эфиры и кетоны (рис. 2).

Большинство компонентов встречалось на всех указанных расстояниях от источника, менее всего (59) обнаружено на самом дальнем расстоянии. Содержание отдельных веществ изменялось по мере удаления от источников с тенденцией к уменьшению суммарной концентрации всех компонентов с 5,313 до 1,09 мг/м³. Вещества, гигиенические

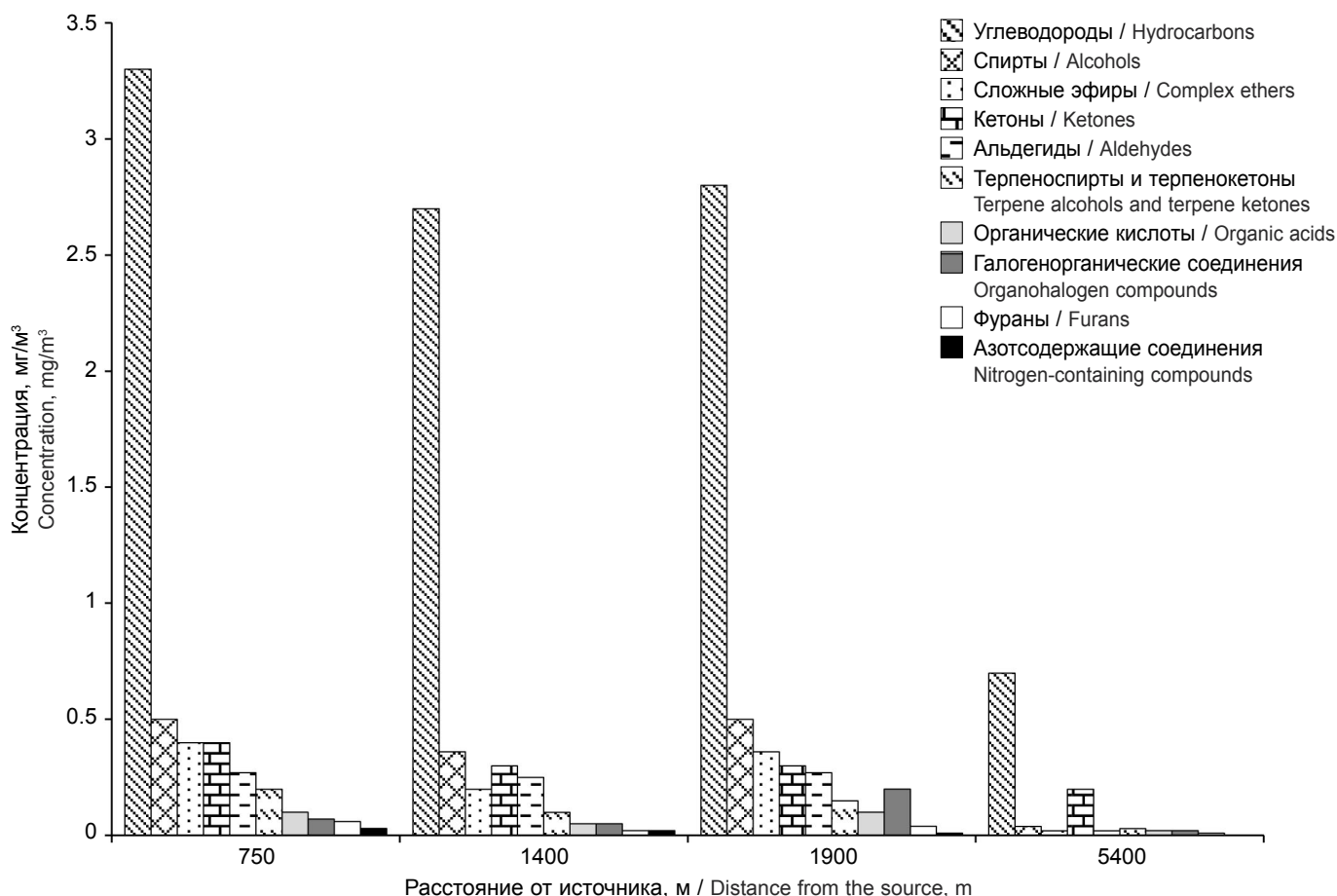


Рис. 2. Концентрации летучих органических веществ в атмосферном воздухе на различных расстояниях от источника выбросов предприятия по производству кофе.

Fig. 2. Concentrations of volatile organic substances in the ambient air at various distances from the source of emissions of the coffee production enterprise.

Таблица 2 / Table 2

Результаты хромато-масс-спектрометрических исследований атмосферного воздуха на различных расстояниях от источника выбросов предприятия по производству кофе**Results of chromatography-mass spectrometric studies of ambient air at different distances from emission source of the coffee production plant**

Группы веществ Groups of substances	Расстояние от источника, м / Distance from the source, m							
	750		1400		1900		5400	
	Количество веществ Number of substances	Концентрации в долях ПДК _{м.р.} Concentrations in parts of MPC	Количество веществ Number of substances	Концентрации в долях ПДК _{м.р.} Concentrations in parts of MPC	Количество веществ Number of substances	Концентрации в долях ПДК _{м.р.} Concentrations in parts of MPC	Количество веществ Number of substances	Концентрации в долях ПДК _{м.р.} Concentrations in parts of MPC
Углеводороды, всего Hydrocarbons, in total	31	0.0006–5.9	29	0.0006–4.9	30	0.003–4.1	26	0.0002–0.8
Насыщенные / Saturated	8	0.0006–0.1	8	0.0006–0.1	7	0.003–0.09	7	0.0002–0.09
Циклические / Cyclic	3	0.06	3	0.01	3	0.004	3	0.03
Ненасыщенные / Unsaturated	5	0.008–0.1	5	0.008–0.02	5	0.008–0.02	3	0.002–0.02
Ароматические / Aromatic	10	0.03–0.9	8	0.03–0.7	10	0.07–0.1	8	0.003–0.4
Терпеновые / Terpene	5	0.7–5.9	5	0.6–4.9	5	0.2–4.1	5	0.05–0.8
Спирты / Alcohols	4	0.008–0.2	4	0.03–0.2	3	0.06–0.3	3	0.004–0.03
Органические кислоты Organic acids	7	0.01–1.3	7	0.01–0.4	7	0.04–1.3	5	0.03–0.1
Сложные эфиры Complex ethers	6	0.2–0.8	6	0.1–0.4	6	0.2–0.9	4	0.02–0.08
Альдегиды / Aldehydes	5	0.05–3.0	5	0.05–2.0	6	0.07–2.0	4	0.01–0.3
Фураны / Furans	3	0.4–1.0	3	0.08–0.8	3	0.2–0.9	2	0.4–0.5
Терпеноспирты и терпенокетоны Terpene alcohols and terpene ketones	2	0.06–0.1	2	0.006–0.09	2	0.04–0.09	2	0.0007–0.03
Кетоны / Ketones	6	0.4–1.1	6	0.3–0.9	6	0.1–1.2	5	0.03–0.5
Азотсодержащие соединения Nitrogen-containing compounds	6	0.03–0.2	6	0.01–0.1	5	0.03–0.2	2	0.02
Галогенорганические соединения Organohalogen compounds	7	0.001–0.05	7	0.0003–0.03	7	0.002–0.9	6	0.0009–0.04
Итого / Total	77		75		75		59	

нормативы которых в атмосферном воздухе установлены, на момент проведения исследований обнаруживались в концентрациях, не превышающих ПДК_{м.р.} (ОБУВ): от десятитысячных до десятых долей установленных нормативов (табл. 2). Исключение составили лимонен (5,9; 4,9 и 4,1 ПДК), карен (1,7; 1,6 и 2,05 ПДК) и бензальдегид (3; 2 и 2 ПДК) на расстояниях 750; 1400 и 1900 м соответственно, а также пропионовая кислота (1,3 ПДК) на расстояниях 750 и 1900 м, что тем не менее не определяет их гигиенической значимости для оценки запаха в районе размещения предприятия с учётом небольшого удельного веса в выбросах и наличия других возможных источников, в том числе природных.

Обобщённые результаты ольфакто-одориметрических и хромато-масс-спектрометрических исследований воздуха на различных расстояниях от основного источника запаха представлены в табл. 3.

Сравнительный анализ результатов исследований показал, что суммарная концентрация обнаруженных веществ (5,313; 4,035; 4,78 и 1,09 мг/м³) с увеличением расстояния от источника выбросов изменяется аналогично вероятности ощущения запаха. Так, максимальная вероятность (77%) наблюдалась на ближайшем расстоянии (750 м), на расстоянии 1400 м уменьшалась до 63,3%, несколько увеличивалась (до 73,4%) в 1900 м и далее существенно снижалась (до 38,3%) в 5400 м от источника. Аналогичная тенденция прослеживалась и в вероятности ощущения «навязчивого» запаха (силой 3 балла и выше): 48,7; 33,3; 33,3 и 3,3% соответственно.

Аналогичный тренд установлен для зависимости вероятности ощущения запаха и суммарных концентрации веществ, дающих основной вклад в выбросы (согласно результатам инвентаризации) и обнаруженных в атмосферном воздухе на всех расстояниях (с тенденцией уменьшения концентраций по мере удаления от источника). Концентрации этих веществ (фуран, метилфуран, ацетон, уксусная кислота, фурфуроловый спирт, этанол, бензол, 2,3-бутандион и кофеин) в контрольных точках составили 0,597; 0,378; 0,501; и 0,236 мг/м³ соответственно.

Концентрация запаха в отобранных образцах выбросов распылительной сушилки, рассчитанная по результатам его инвентаризации, составила 20278 ЕЗ/м³. Результаты расчёта рассеивания запаха представлены в табл. 4.

Согласно проведённому расчёту, при наиболее неблагоприятных метеорологических условиях, включая опасную скорость ветра, выбросы от исследуемого предприятия могут создавать высокие концентрации запаха, превышающие критерий «приемлемости» (3,5 ЕЗ/м³) не только на границе СЗЗ и ближайшей селитебной территории, но и на больших расстояниях. На основании графического анализа установлено, что изолиния, соответствующая этому критерию, находится на расстоянии около 4 км от источника.

Предварительный расчёт показал, что для уменьшения запаха в ближайшей селитебной зоне до предельного значения (3,5 ЕЗ/м³) потребуются девятикратное его снижение на выбросе (концентрация на выбросе должна составлять 2269 ЕЗ/м³), до целевого значения (1,6 ЕЗ/м³) – в 21 раз (до величины на выбросе в 950 ЕЗ/м³).

Таблица 3 / Table 3

Результаты ольфакто-одориметрических и хромато-масс-спектрометрических исследований воздуха на различных расстояниях от основного источника запаха

Results of olfacto-odourimetric and chromatography-mass spectrometry studies of air at different distances from the main source of odour

Расстояние от источника, м Distance from the source, m	Количество идентифицированных веществ Number of identified substances		Суммарная концентрация идентифицированных веществ, мг/м³ Total concentration of identified substances, mg/m³		Обнаружение запаха, % Odour detection, %	
	общее general	с превышением ПДК _{м.р.} exceeding the MPC	всех all	приоритетных* priority*	общее general	навязчивого (силой 3 балла и выше) offensive (strength of 3 points or higher)
700	77	4	5.313	0.597	77.0	48.7
1400	75	3	4.035	0.378	63.3	33.3
1900	75	4	4.780	0.501	73.4	33.3
5400	59	-	1.090	0.236	38.3	3.3

Примечание. * фуран, метилфуран, ацетон, уксусная кислота, фурфуроловый спирт, этанол, бензол, 2,3-бутандион, кофеин.
Note. * furan, methylfuran, acetone, acetic acid, furfuryl alcohol, ethanol, benzene, 2,3-butanedione, caffeine.

Таблица 4 / Table 4

Концентрация запаха на границах предприятия, в ближайшей жилой застройке и в более удалённых точках селитебной зоны

The odour concentration at the borders of the enterprise, in the nearest residential area, and at more remote distances of the residential zone

№ точки Point number	Расположение точки Location of the point	Расстояние от источника, м Distance from the source, m	Направление от источника Direction from the source	Уровни запаха, в долях / Odour levels, in parts of	
				целевого значения 1.6 ЕЗ/м³ target value 1.6 OU/m³	предельного значения 3.5 ЕЗ/м³ limit value 3.5 OU/m³
1	На территории предприятия On the territory of the enterprise	—	—	76.8	35.1
2	Граница промплощадки Industrial site boundary	288	ЮЗ / SW	43.2	19.8
3	Граница промплощадки Industrial site boundary	298	Ю / S	43.8	20.0
4	Водозабор питьевого водоснабжения Drinking water intake	300	ЮЗ / SW	40.3	18.4
5	Граница промплощадки Industrial site boundary	355	СЗ / NW	21.9	10.0
6	Граница промплощадки Industrial site boundary	410	В / E	35.3	16.1
7	Граница промплощадки Industrial site boundary	416	СВ / NE	33.5	15.3
8	Граница промплощадки Industrial site boundary	460	С / N	31.0	14.2
9	Жилая зона / Residential area	463	В / E	29.2	13.3
10	Граница промплощадки Industrial site boundary	469	ЮВ / SE	24.6	11.2
11	Жилая зона / Residential area	515	ЮВ / SE	20.9	9.6
12	Жилая зона / Residential area	518	СВ / NE	19.3	8.8
13	Жилая зона / Residential area	624	С / N	21.0	9.6
14	Граница промплощадки Industrial site boundary	646	З / W	16.0	7.3
15	Жилая зона / Residential area	660	В / E	16.5	7.5
16	Жилая зона / Residential area	706	В / E	13.7	6.3
17	Жилая зона / Residential area	908	В / E	10.2	4.7
18	Жилая зона / Residential area	910	СВ / NE	10.8	4.9
19	Жилая зона / Residential area	1740	ЮЗ / SW	9.5	4.4
20	Жилая зона / Residential area	3010	ЮЗ / SW	3.9	1.8
21	Жилая зона / Residential area	3030	ЮВ / SE	3.8	1.73
22	Жилая зона / Residential area	4280	ЮВ / SE	2.4	1.09
23	Жилая зона / Residential area	5580	ЮЗ / SW	1.8	0.83
24	Жилая зона / Residential area	5740	ЮВ / SE	1.3	0.79

Обсуждение

В большинстве случаев запах в атмосферном воздухе формируется сложной смесью веществ, преимущественно не идентифицированных либо присутствующих в таких незначительных количествах, что превышений ПДК, несмотря на наличие отчётливого запаха, как правило, не наблюдается [15]. Результаты настоящих исследований свидетельствуют о том, что для полноценной объективной оценки загрязнения атмосферного воздуха сложными многокомпонентными смесями пахучих веществ наряду с инструментальными измерениями отдельных компонентов выбросов необходимо использовать натурные органолептические исследования частоты (интенсивности) восприятия запаха в сочетании с расчётом его рассеивания.

В ходе проведённых исследований загрязнения атмосферного воздуха запахом, основным источником которого является предприятие по производству растворимого кофе, на разных расстояниях от него обнаружены органические соединения широкого спектра (до 78 веществ). Суммарные концентрации всех веществ уменьшались по мере удаления от источника, как и суммарные концентрации веществ, дающих основной вклад в выбросы (фуран, метилфуран, ацетон, уксусная кислота, фурфуроловый спирт, этанол, бензол, 2,3-бутандион (диацетил) и кофеин), что подтверждает возможность определения этих веществ в качестве основных компонентов, отражающих общий характер запаха выбросов предприятия. При этом все обнаруженные вещества, взаимодействуя между собой, в той или иной степени формируют специфический запах указанных выбросов. В частности, зёрна кофе особенно богаты такими веществами, как азотсодержащие гетероциклические соединения. Наряду с кофеином, не имеющим запаха, в выбросах присутствуют производные пиразина, которые образуются в пищевых продуктах в процессе термической обработки в результате распада белков и углеводов [16], обладают ароматом обжаренных орехов, попкорна, горячего хлеба и присутствуют в воздухе на территориях обследования. Специфический оттенок запаху кофе придают и фураны — продукты циклизации сахаров, имеющие запах хлороформа (фуран), шоколада (2-метилфуран), гари (фурфуроловый спирт), ржаного хлеба, миндаля (фурфурол). В формировании характерного запаха выбросов кофейного производства участвуют также диацетил (запах сливочного масла), серосодержащие вещества (диметилсульфид, меркаптопропионовый альдегид) с резким неприятным запахом и многие другие.

Практически все вещества в атмосферном воздухе в районе размещения предприятия обнаружены в концентрациях, не превышающих гигиенические нормативы. Подготовленные эксперты определили с использованием ольфакто-одориметрических методов, что специфический запах выбросов предприятия обнаруживается далеко за пределами СЗЗ (100 м), распространяясь на расстояние более 5 км от источника, хотя вероятность обнаружения интенсивного запаха уменьшается с увеличением расстояния, а вероятность слабого — возрастает. Как полевые ольфакто-одориметрические исследования, так и проведённый расчёт рассеивания запаха подтверждают, что навязчивый запах, способный вызывать раздражение населения (3 балла и выше с вероятностью $\geq 5\%$ по результатам натурных исследований или $\geq 3,5$ ЕЗ по результатам расчётов), распространяется на расстояние до 4 км от основного источника. Установлено, что для уменьшения запаха и достижения на ближайшей селитебной территории (300–400 м от источников) приемлемого уровня (3,5 ЕЗ) необходимо девятикратное снижение уровня запаха на выбросе из трубы цеха сушки кофейного экстракта.

Таким образом, в данном случае задача обеспечения управления качеством атмосферного воздуха с учётом риска появления запаха частично может быть решена на основе его количественного выражения в единицах запаха (ЕЗ или ЕЕЗ). Как известно, в ряде случаев управление запахом на основе его выражения через массу индикаторного вещества

(веществ) может быть затруднено из-за сложности выбора индикаторного вещества (веществ) или инструментального метода, чувствительность которого обеспечивает определение достаточно низких уровней концентраций.

Вносить существенный вклад в оценку как загрязнения воздуха запахом, так и уровня психологического напряжения («раздражения») населения в районах размещения предприятий-источников могут данные опроса жителей [3–6, 17–20]. Результаты исследования частоты, интенсивности и степени «раздражения» запахом в рассматриваемом городе, по данным опросов жителей, показывают, что и на расстоянии более 4 км навязчивый запах остаётся на неприемлемо высоком уровне [8].

Результаты, полученные экспертами, и выводы жителей могут не совпадать, поскольку население всегда характеризует окружающие запахи как более частые и интенсивные, чем лица, не живущие в данной местности [21]. Однако главным обстоятельством является то, что на уровень «раздражения» населения влияют другие источники выбросов, расположенные в городе, в частности предприятие по производству костной муки и сахарный завод, не функционировавшие на момент проведения исследований. Так, данные анкетирования выявили, что ведущая роль в «раздражении» населения запахами принадлежит предприятию по производству костной муки из-за более неприятного запаха его выбросов, существенными источниками навязчивых запахов в городе могут являться также сахарный завод и полигон ТБО (при сжигании отходов). В целом проведённый опрос взрослого населения, проживающего на разных расстояниях от предприятий — источников запаха, показал, что загрязнение атмосферного воздуха пахучими веществами является одним из приоритетных показателей, оказывающих влияние на состояние здоровья и качество жизни респондентов [8].

Обобщённые результаты комплексной оценки загрязнения атмосферного воздуха в городе с развитой пищевой и перерабатывающей промышленностью представлены в табл. 5.

При этом следует отметить, что использованные методы, существенно расширяющие возможности оценки загрязнения атмосферного воздуха запахом в районах размещения различных предприятий [22, 23], имеют также и некоторые недостатки [10]. Для получения объективной информации необходимо активное участие общества, однако на объективность опросного метода может повлиять эмоциональная вовлечённость в проблему опрошенных лиц [22]. Подход к оценке запаха окружающей среды представляется более объективным с привлечением подготовленных экспертов, однако этот метод в его классическом исполнении [12] является дорогостоящим с точки зрения затрат и человеческих ресурсов и требует длительного времени проведения.

Для исключения недооценки (переоценки) воздействия запаха при применении расчётного метода необходим многокомпонентный подход, в частности принятие различных критерийных значений концентрации запаха, выбранных с учётом международного опыта и собственных исследований.

Таким образом, идеальным способом оценки навязчивых запахов в атмосферном воздухе является применение прогнозного метода моделирования рассеивания с последующей корреляцией данных расчётов с результатами опросов населения и полевых исследований, выполненных подготовленными экспертами, с проведением ограниченных по времени и контрольным точкам подфакельных измерений. Такой подход предложен, в частности, в настоящей работе.

На основании проведённых исследований даны следующие рекомендации по управлению запахом в районе размещения рассматриваемых предприятий.

1. Проведение инвентаризации запаха на всех источниках и расчёт его рассеивания в атмосферном воздухе с определением таких расстояний, на которых уровень запаха не будет превышать критериев качества, установленных с учётом его характера и гедонического тона.

2. Для соблюдения критериев качества запаха от выбросов предприятия по производству кофе в атмосферном

Таблица 5 / Table 5

Результаты комплексной оценки загрязнения атмосферного воздуха в районе с развитой пищевой и перерабатывающей промышленностью

The results of a comprehensive assessment of ambient air pollution in area with a developed food and processing industry

Метод / Method	Результат / Result	Выводы / Conclusions
Анализ проектных материалов Analysis of project materials	Детальный расчёт рассеивания для 32 загрязняющих веществ показал отсутствие превышений ПДК на границе СЗЗ (100 м) и в ближайшей селитебной территории A detailed calculation of dispersion for 32 pollutants showed that there were no exceedances of MPC at the border of the sanitary zone (100 m) and in the nearest residential area	Соотнести с запахом не удалось It was not possible to correlate with the odour
Химический анализ состава проб воздуха Chemical analysis of the composition of air samples	Идентифицировано 78 веществ. Концентрации практически всех веществ многократно (а часто на порядки) ниже ПДК 78 substances have been identified. The concentrations of almost all substances are many times (and often orders of magnitude) lower than the MPC	Соотнести с запахом не удалось It was not possible to correlate with the odour
Полевые исследования (частота появления и интенсивность запаха) Field research (frequency of occurrence and intensity of odour)	Специфический запах производства растворимого кофе распространяется далее 5 км от источника, постепенно убывая по частоте и силе The specific odour of instant coffee production spreads further than 5 km from the source, gradually decreasing in frequency and strength	Неприемлемо высокий уровень запаха (силой 3 балла с вероятностью ощущения 5%) распространяется на расстояние до 4 км An unacceptably high level of odour (strength of 3 points with a 5% probability of sensation) spreads over a distance of up to 4 km
Оценка расчётных уровней запаха на разных расстояниях от источника (моделирование дисперсии) Estimation of calculated odour levels at different distances from the source (dispersion modeling)	Ольфакто-одориметрические измерения концентрации запаха на источнике и расчёт рассеивания запаха на разных расстояниях от него. Изолиния, соответствующая предельному значению для запаха выбросов данного производства (3.5 ЕЗ), расположена на расстоянии около 4 км от источника Olfacto-odorimetric measurements of odour concentration at the source and calculation of odour dispersion at different distances from it. The isoline corresponding to the limit value for the odour of this kind of production (3.5 OU) is located at a distance of about 4 km from the source	Расчётный метод подтвердил результаты полевых исследований The calculation method confirmed the results of field research
Опрос населения Population survey	В городе имеется несколько источников запаха. Доля раздражённого населения на расстоянии 1.5–3 км от источника более 80%; на расстоянии 3.1–4 км — 50–70% [8] There are several sources of odour in the city. The proportion of the annoyed population at a distance of 1.5–3 km from the source is more than 80%; at a distance of 3.1–4.0 km — 50–70% [8]	Доказано наличие неприемлемого запаха в городе, что требует разработки кардинальных мер снижения выбросов, обладающих запахом, только по превышению максимальных разовых ПДК отдельных идентифицированных веществ. В данной работе именно полевые одориметрические исследования, расчёт рассеивания запаха и опрос населения (а не химический анализ воздуха) выявили наличие проблемы и позволили разработать меры по снижению запаха в атмосфере The presence of an unacceptable odour in the city has been proven, which requires the development of drastic measures to reduce odorous emissions, primarily in the production of instant coffee and bone meal

воздухе на границах санитарно-защитной зоны и в ближайшей жилой застройке необходима установка систем дополнительной очистки воздуха из трубы цеха сушки кофейного экстракта (с обеспечением как минимум девятикратного снижения запаха на выбросе).

3. Необходимо продолжить органолептические исследования воздуха в районе размещения предприятий.

Заключение

Проведённые исследования в районе размещения предприятий пищевой и перерабатывающей промышленности продемонстрировали важность использования разных подходов к оценке загрязнения воздуха пахучими веществами. Поскольку большинство веществ, обнаруженных в пробах воздуха, имели концентрации многократно ниже ПДК, а эффекты, связанные с их присутствием (ощущение «навязчивых» запахов, «раздражение» населения, жалобы на ухудшение самочувствия и снижение качества жизни), при этом

наблюдались, недостаточно оценивать последствия загрязнения атмосферного воздуха веществами, обладающими запахом, только по превышению максимальных разовых ПДК отдельных идентифицированных веществ. В данной работе именно полевые одориметрические исследования, расчёт рассеивания запаха и опрос населения (а не химический анализ воздуха) выявили наличие проблемы и позволили разработать меры по снижению запаха в атмосфере.

Комплексные и многопараметровые исследования с расширением спектра инструментальных методов изучения состояния здоровья населения, дающие всестороннюю информацию о воздействии навязчивого запаха в урбанизированных районах, должны лежать в основе разработки предложений по совершенствованию государственной политики в области санитарно-эпидемиологического благополучия. Должен быть разработан эффективный алгоритм управленческих решений, направленных на сокращение загрязнения атмосферного воздуха пахучими веществами в районах размещения различных предприятий.

Литература
(п.п. 3–6, 10, 12, 13, 17–20, 22, 23 см. References)

1. Бударина О.В., Сабирова З.Ф., Андришин И.Б., Шипулина З.В. Гигиеническое обоснование классификации опасности производств — источников выбросов веществ, обладающих ольфакторным действием. *Гигиена и санитария*. 2023; 102(9): 888–95. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-9-888-895> <https://elibrary.ru/uyfatq>

2. Малышева А.Г., Рахманин Ю.А. *Физико-химические исследования и методы контроля веществ в гигиене окружающей среды*. СПб.: Профессional; 2012.

7. Хрипач Л.В., Князева Т.Д., Железняк Е.В., Маковецкая А.К., Коганова З.И., Бударина О.В. и др. Скрининг и пост-скрининг маркеров загрязнения атмосферного воздуха в пробах слюны детей дошкольного возраста. *Гигиена и санитария*. 2020; 99(6): 610–7. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-6-610-617> <https://elibrary.ru/tuzauq>

8. Гошин М.Е., Бударина О.В. Влияние запаха выбросов пищевых предприятий на субъективное благополучие и здоровье населения. *Вопросы психологии*. 2022; 68(1): 135–47. <https://elibrary.ru/awwggg>

9. Бударина О.В., Пинигин М.А., Федотова Л.А., Сабирова З.Ф., Шипулина З.В. Обоснование максимальной разовой предельно допустимой концентрации летучих органических соединений, образующихся при высокотемпературной обработке древесины производства ДСП, в атмосферном воздухе населенных мест. *Токсикологический вестник*. 2017; (6): 42–7. <https://doi.org/10.36946/0869-7922-2017-6-42-47> <https://elibrary.ru/zwqtij>
11. Бударина О.В. *Научное обоснование современных гигиенических основ нормирования, контроля и оценки запаха в атмосферном воздухе населенных мест*: Автореф. дисс. ... д-ра мед. наук. М.; 2020. <https://elibrary.ru/gfxxuu>
14. *Рекомендации по качеству воздуха в Европе*. М.: Весь мир; 2004.
15. Сырчина Н.В., Пилип Л.В., Ашихмина Т.Я. Контроль запахового загрязнения атмосферного воздуха (обзор). *Теоретическая и прикладная экология*. 2022; (2): 26–34. <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2022-2-026-034> <https://elibrary.ru/qxkoxr>
16. Пелоси П. *Обоняние. Увлекательное погружение в науку о запахах*. М.: Азбука-Аттикус — КоЛибри; 2020.
21. Зукер К. Психологические аспекты управления запахом. В кн.: *Международная конференция «Актуальные вопросы оценки и регулирования запаха»*: Сборник докладов. М.; 2006: 84–117.

References

1. Budarina O.V., Sabirova Z.F., Andryushin I.B., Shipulina Z.V. Hygienic justification for the classification of the danger of sources of emissions of substances having an olfactory action. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2023; 102(9): 888–95. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-9-888-895> <https://elibrary.ru/uyfatq> (in Russian)
2. Malysheva A.G., Rakhmanin Yu.A. *Physico-Chemical Studies and Methods of Substance Control in Environmental Hygiene [Fiziko-khimicheskie issledovaniya i metody kontrolya veshchestv v gigiene okruzhayushchey sredy]*. St. Petersburg: Professional; 2012. (in Russian)
3. Odours and Human Health. Environmental Public Health Science Unit, Health Protection Branch, Public Health and Compliance Division, Alberta Health. Edmonton, Alberta; 2017.
4. Guadalupe-Fernandez V., De Sario M., Vecchi S., Bauleo L., Michelozzi P., Davoli M., et al. Industrial odour pollution and human health: a systematic review and meta-analysis. *Environ. Health*. 2021; 20(1): 108. <https://doi.org/10.1186/s12940-021-00774-3>
5. Sazakli E., Leotsinidis M. Odor nuisance and health risk assessment of VOC emissions from a rendering plant. *Air Qual. Atmos. Health*. 2021; 14(3): 301–12. <https://doi.org/10.1007/s11869-020-00935-2>
6. Eykelbosh A., Maher R., Monticelli D.F., Ramkairsingh A., Henderson S., Giang A., et al. Elucidating the community health impacts of odours using citizen science and mobile monitoring. *Environ. Health Rev*. 2021; 64(2): 24–7. <https://doi.org/10.5864/d2021-010>
7. Khrupach L.V., Knyazeva T.D., Zheleznyak E.V., Makovetskaya A.K., Koganova Z.I., Budarina O.V., et al. Screening and post-screening of air pollution markers in mixed saliva of preschool children. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2020; 99(6): 610–7. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-6-610-617> <https://elibrary.ru/tuzauq> (in Russian)
8. Goshin M.E., Budarina O.V. The influence of the odor of atmospheric emissions from food industry enterprises on the adult population's subjective well-being and health status. *Voprosy psikhologii*. 2022; 68(1): 135–47. <https://elibrary.ru/awwggs> (in Russian)
9. Budarina O.V., Pinigin M.A., Fedotova L.A., Sabirova Z.F., Shipulina Z.V. Justification of maximum (one-time) allowable concentration of volatile organic compounds, emerging during the high temperature treatment of wood in chipboard production, in the ambient air. *Toksikologicheskii vestnik*. 2017; (6): 42–7. <https://doi.org/10.36946/0869-7922-2017-6-42-47> <https://elibrary.ru/zwqtij> (in Russian)
10. Institute of Air Quality Management (IAQM). Guidance on the Assessment of Odour for Planning. London; 2014. Available at: <https://www.iaqm.co.uk/text/guidance/odour-guidance-2014.pdf>
11. Budarina O.V. *Scientific substantiation of modern hygienic bases of rationing, control and evaluation of odour in the atmospheric air of populated areas*: Diss. Moscow; 2020. (in Russian)
12. «Determination and assessment of odour in ambient air»: Guideline on odour in ambient air (GOAA); 1998.
13. European Committee for Standardisation (Comité Européen de Normalisation). Air quality – Determination of odour concentration by dynamic olfactometry. EN 13725: 2003; 2003.
14. *Air Quality Guidelines for Europe*. Copenhagen; 2004.
15. Сырчина Н.В., Пилип Л.В., Ашихмина Т.Я. Control of odor pollution of atmospheric air (review). *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya*. 2022; (2): 26–34. <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2022-2-026-034> <https://elibrary.ru/qxkoxr> (in Russian)
16. Pelosi P. *On the Scent: A Journey through the Science of Smell*. Oxford: Oxford University Press; 2016.
17. Bokowa A., Diaz C., Koziel J.A., McGinley M., Barclay J., Schauburger G., et al. Summary and overview of the odor regulations worldwide. *Atmosphere*. 2021; 12(2): 206. <https://doi.org/10.3390/atmos12020206>
18. Yang W., Li W., Zhang Y., Han M., Zhai Z., Cui H. Exposure-response relationship and chemical characteristics of atmospheric odor pollution from a cigarette factory. *Aerosol Air Qual. Res*. 2021; 22(6): 210314. <https://doi.org/10.4209/aaqr.210314>
19. Effects and assessment of odours. Assessment of odour annoyance. Questionnaires. VDI 3883. Part 1; 2015. Available at: <https://www.vdi.de/en/home/vdi-standards/details/vdi-3883-blatt-1-effects-and-assessment-of-odours-assessment-of-odour-annoyance-questionnaires>
20. Brancher M., De Melo Lisboa H. Odour impact assessment by community survey. *Chem. Engin. Transact*. 2014; 40: 139–44. <https://doi.org/10.3303/CET1440024>
21. Zuker K. Psychological aspects of odour management. In: *International Conference «Topical Issues of Odour Assessment and Regulation»*: Collection of Materials [Mezhdunarodnaya konferentsiya «Aktual'nye voprosy otsenki i regulirovaniya zapakha»: Sbornik dokladov]. Moscow; 2006: 84–117. (in Russian)
22. Zarra T., Belgioirno, V., Naddeo V. Environmental odour nuisance assessment in urbanized area: analysis and comparison of different and integrated approaches. *Atmosphere*. 2021; 12(6): 690. <https://doi.org/10.3390/atmos12060690>
23. Ruchkinova O.I., Karelina K.A. Substantiation of the permissible value of odor from sewerage system facilities. In: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Volume 962*. IOP Publishing Ltd.; 2020. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/962/4/042092> <https://elibrary.ru/wukttv>

Сведения об авторах:

Бударина Ольга Викторовна — доктор мед. наук, гл. науч. сотр. отд. анализа риска здоровью населения ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, 141014, Мытищи, Россия. <https://orcid.org/0000-0003-4319-7192> E-mail: budarina.ov@fncg.ru

Сабирова Зулфия Фаридовна — доктор мед. наук, вед. науч. сотр. отд. гигиены ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» ФМБА России, 119121, Москва, Россия. <https://orcid.org/0000-0003-3505-8344> E-mail: ZSabirova@cspmrz.ru

Сковронская Светлана Александровна — канд. мед. наук, ст. науч. сотр. отд. анализа риска здоровью населения ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, 141014, Мытищи, Россия. <https://orcid.org/0000-0002-6374-9292> E-mail: sko_sveta@mail.ru

Додина Наталья Сергеевна — канд. мед. наук, руководитель отд. анализа риска здоровью населения ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, 141014, Мытищи, Россия. <https://orcid.org/0000-0001-6693-922X> E-mail: dodina.ns@fncg.ru

Кохан Александра Александровна — мл. науч. сотр. отд. анализа риска здоровью населения ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, 141014, Мытищи, Россия. <https://orcid.org/0000-0002-0252-0056> E-mail: Kokhan.AA@fncg.ru

Малышева Алла Георгиевна — доктор биол. наук, вед. науч. сотр. отд. гигиены ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Федерального медико-биологического агентства, 119121, Москва, Россия. <https://orcid.org/0000-0003-3112-0980> E-mail: AMalysheva@cspmrz.ru

Information about the authors:

Olga V. Budarina, MD, PhD, DSci., Chief Researcher, Department of Public health risk analysis, Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman, Mytisch, 141014, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-4319-7192> E-mail: Budarina.ov@fncg.ru

Zulfiya F. Sabirova, MD, PhD, DSci., Professor, Lead Researcher, Department of Environmental Hygiene, Centre for Strategic Planning of FMBA of Russia, 119992, Moscow, <https://orcid.org/0000-0003-3505-8344> E-mail: ZSabirova@cspmrz.ru

Svetlana A. Skovronskaya, MD, PhD, Senior Researcher, Department of Public health risk analysis, Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman, Mytisch, 141014, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-6374-9292> E-mail: sko_sveta@mail.ru

Natalya S. Dodina, MD, PhD, Head of the Department of Public health risk analysis, Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman, 141014, Moscow Region, Mytisch, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0001-6693-922X> E-mail: dodina.ns@fncg.ru

Aleksandra A. Kokhan, Junior Researcher, Department of Public health risk analysis, Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman, 141014, Moscow Region, Mytisch, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-0252-0056> E-mail: Kokhan.AA@fncg.ru

Alla G. Malysheva, MD, PhD, DSci., Leading Researcher, Department of Environmental Hygiene, Centre for Strategic Planning of FMBA of Russia, Moscow, 119992, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-3112-0980> E-mail: AMalysheva@cspmrz.ru