

Сабирова З.Ф.¹, Бударина О.В.²

Актуальные вопросы обоснования санитарно-защитной зоны предприятия с учётом запаха в атмосферном воздухе

¹ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Федерального медико-биологического агентства, 119121, Москва, Россия;

²ФБУН «Федеральный научный центр гигиены имени Ф.Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 141014, Мытищи, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. В основу определения размера санитарно-защитной зоны (СЗЗ) положена классификация потенциально опасных объектов с учётом конкретной отрасли. При этом в выбросах многих производств присутствуют вещества, обладающие запахом. Запах может распространяться на значительные расстояния, превышающие размеры СЗЗ, и быть причиной частых жалоб населения. Учёт фактора запаха при обосновании размера СЗЗ остаётся задачей, требующей научного, методического, правового решения.

Цель исследования — оценка опасности предприятий (производств) с учётом критерия запаха в атмосферном воздухе населённых мест и разработка методических подходов к обоснованию размера СЗЗ.

Материалы и методы. В соответствии с целью исследования в качестве пилотного объекта было выбрано предприятие по производству кофе. Изучена проектная документация разработки предельно допустимых выбросов (ПДВ), обоснования размера СЗЗ, протоколы исследований загрязнения атмосферного воздуха. Выполнена оценка риска для здоровья населения согласно Р 2.1.10.1920–04. Проведены ольфакто-одориметрические и хромато-масс-спектрометрические исследования выбросов и атмосферного воздуха в районе размещения предприятия.

Результаты. Для рассматриваемого производства с учётом результатов ольфакто-одориметрических исследований размер СЗЗ, обеспечивающий комфортные условия жизни (отсутствие навязчивого запаха), составляет 700 м от основного источника, то есть в 1,3–4,5 раза больше, чем при обосновании традиционным методом.

Ограничение исследования связано с отсутствием нормативов для многих обладающих запахом летучих органических соединений, обнаруженных в выбросах производства.

Заключение. Предложены методические подходы к обоснованию класса опасности и размера СЗЗ с учётом запаха на примере кофейного производства. Разработанный алгоритм может быть использован при оценке опасности различных предприятий, производств, в выбросах которых присутствуют обладающие запахом вещества.

Ключевые слова: санитарно-защитная зона; запах; атмосферный воздух; кофейное производство; классификация опасности производств; критерии оценки; безопасность населения

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

Для цитирования: Сабирова З.Ф., Бударина О.В. Актуальные вопросы обоснования санитарно-защитной зоны предприятия с учётом запаха в атмосферном воздухе. *Гигиена и санитария*. 2024; 103(10): 1089–1095. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-10-1089-1095> <https://elibrary.ru/uwrbrv>

Для корреспонденции: Сабирова Зульфия Фаридовна, e-mail: sabirovazf2011@mail.ru

Участие авторов: Сабирова З.Ф. — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, написание текста, редактирование; Бударина О.В. — концепция исследования, сбор и обработка материала, редактирование. 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 № AAAA-A20-120101690059-2.

Поступила: 25.04.2024 / Принята к печати: 02.10.2024 / Опубликовано: 19.11.2024

Zulfiya F. Sabirova¹, Olga V. Budarina²

Actual issues of justifying the size of the sanitary protection zone of an enterprise, taking into account odour in atmospheric air

¹Centre for Strategic Planning of the Federal medical and biological agency, Moscow, 119121, Russian Federation;

²Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman, Mytishi, 141014, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. The basis for determining the size of the sanitary protection zone (SPZ) is the classification of potentially hazardous objects taking into account a specific industry. At the same time, emissions from a significant number of industries contain substances possessing of an odour. The smell can spread over significant distances, exceeding the SPZ size, being the cause of frequent complaints from the population. However, taking into account the odour when justifying the SPZ size remains an unresolved methodological, scientific, and legal problem.

The purpose of the study. Hazard assessment of enterprises (productions) taking into account the criterion of odour in the atmospheric air of populated areas with the development of methodological approaches to substantiate the size of the SPZ.

Materials and methods. A coffee production company was selected as a pilot facility. The design documentation of the development of maximum permissible emissions (MPE), justification of the SPZ size, protocols of ambient air pollution assessment has been studied. The risk assessment to public health has been carried out in accordance with Guidance 2.1.10.1920–04. Olfacto-odourimetric and chromatography-mass spectrometry studies of emissions and ambient air in the vicinity of enterprise have been conducted.

Results. For the production under consideration, taking into account the results of olfacto-odourimetric studies, the size of the SPZ, which provides comfortable living conditions (absence of offensive odour), is 700 m from the main source, i.e. 1.3–4.5 times higher than when justified by the traditional method.

Limitations are due to the lack of standards for a significant number of volatile organic compounds present in emissions from odorous industries.

Conclusion. Methodological approaches to substantiating the hazard class and SPZ size taking into account the odour are proposed on the example of coffee production. The developed algorithm can be applied to assess the danger of various enterprises and industries whose emissions contain odorous substances.

Keywords: sanitary protection zone; odour; ambient air; coffee production; classification of industrial hazards; assessment criteria; public safety

Compliance with ethical standards. This study does not require the conclusion of a biomedical ethics committee or other documents.

For citation: Sabirova Z.F., Budarina O.V. Actual issues of justifying the size of the sanitary protection zone of an enterprise, taking into account odour in atmospheric air. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal.* 2024; 103(10): 1089–1095. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-10-1089-1095> <https://elibrary.ru/uwrbrv> (In Russ.)

For correspondence: Zulfiya F. Sabirova, e-mail: sabirovazf2011@mail.ru

Contribution: Sabirova Z.F. — concept and design, collection and processing of material, writing, editing; Budarina O.V. — concept, collection and processing of material, editing. 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. AAAA-A20-120101690059-2.

Received: April 25, 2024 / Accepted: October 2, 2024 / Published: November 19, 2024

Введение

Вокруг объектов, воздействующих на среду обитания и здоровье человека, устанавливается «защитный барьер» — санитарно-защитная зона (СЗЗ). Алгоритм определения размера СЗЗ базируется на классификации потенциально опасных объектов. В основу категорирования предприятий положены критерии принадлежности объекта, оказывающего негативное воздействие на окружающую среду, к конкретной отрасли (части отрасли, производству)^{1,2}. В трактовке классов опасности в зависимости от ведомственной принадлежности объекта имеются различия [1]. При этом в указанных классификациях не учитывается наличие и характеристики такого показателя, как запах. Как показано в наших исследованиях [2], запах выбросов различных производств и объектов различаются по критерию «навязчивости» (потенциалу раздражения), определяемому экспериментально на основе изучения параметров зависимости вероятности ощущения запаха разной силы от концентрации.

Загрязнение атмосферного воздуха веществами, обладающими запахом, как приятным (кондитерские, косметические, кофе), так и неприятным (табачные, очистные сооружения, животноводческие), вызывает жалобы населения, составляющие 70–80% от общего числа жалоб на качество атмосферного воздуха [3–8]. Многочисленными исследованиями доказано влияние загрязнения атмосферного воздуха пахучими веществами на условия жизни, поведение, включая стрессовые реакции, и здоровье населения [4, 6–11], что обусловило актуальность обоснования класса опасности и размера СЗЗ предприятий, производств и иных объектов, в выбросах которых присутствуют обладающие запахом вещества. Размер СЗЗ, устанавливаемый по расчётным и фактическим (на основании натурных исследований) концентрациям загрязняющих веществ, обеспечивает безопасность населения. Также для предприятий разрабатываются комплексные экологические разрешения (КЭР) и устанавливаются нормативы предельно допустимых выбросов (ПДВ), соблюдение которых гарантирует соответствие гигиеническим нормативам концентраций вредных веществ в составе выбросов конкретного предприятия³. Предполагается, что разработанные согласно действующему санитарному законодательству ПДВ, размеры СЗЗ предприятия (производства) обеспечивают и отсутствие запаха. К сожалению, на практике соблюдение ПДК загрязняющих

веществ, особенно в случаях многокомпонентных выбросов, содержащих пахучие компоненты, не гарантирует комфортных условий для жизни [3, 6, 11, 12]. Следовательно, многочисленные жалобы жителей требуют оперативного реагирования на сложившуюся ситуацию и обоснованных мер административного воздействия на предприятие — источник запаха. При этом методические подходы к мониторингу загрязнения атмосферного воздуха пахучими веществами в рамках административно-надзорных функций необходимо совершенствовать на основе современного отечественного и международного опыта [13–21].

Отсутствие научных публикаций в области обоснования размеров СЗЗ объектов — источников выбросов летучих веществ, обладающих запахом, определило актуальность и цель данного исследования.

Цель исследования — оценка опасности предприятий с учётом критерия запаха в атмосферном воздухе населённых мест с разработкой методических подходов и алгоритма обоснования размера СЗЗ.

Материалы и методы

В соответствии с целью исследования в качестве пилотного объекта выбрано российское предприятие по выпуску и расфасовке растворимого кофе, входящее в число лидеров по объёму производства. При выборе объекта принимали во внимание наличие полного технологического цикла, широкий ассортимент выпускаемого кофе («Арабика» и «Робуста»). Принципиально важным было применение на производстве современных технологических решений, направленных на сокращение выбросов, для обеспечения химической безопасности.

Запах кофе нельзя однозначно отнести к неприятным: в быту, кофейнях запах кофе, без сомнения, относят к приятным. Однако в районах расположения производств по выпуску кофе достаточно часты жалобы населения, требующие принятия адекватных мер со стороны надзорных органов [4, 10]. Выбранное в качестве модельного предприятие заслуживает внимания в связи с расположением за чертой населённого пункта (поселения) в промзоне пищевых и перерабатывающих производств 4–5-го классов опасности, выпускающих стерилизованное молоко, цельномолочную продукцию, масло животное, сыры, мороженое. Особенность указанного района — отсутствие наиболее опасных объектов и производств 1–2-го классов опасности (по СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200–03). С этой точки зрения следует признать размещение рассматриваемого производства кофе верным. Основная жилая застройка расположена на расстоянии 670 м и более в южном направлении.

Дизайн исследования включал три этапа. Этап 1 (традиционный) — оценка производства кофе как источника загрязнения атмосферного воздуха с установлением размера СЗЗ. Этап 2 — ольфакто-одориметрические и инструментальные исследования выбросов и атмосферного воздуха в районе размещения предприятия. Этап 3 — разработка алгоритма обоснования класса опасности и размера СЗЗ для

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 Постановление от 28 сентября 2015 г. № 1029 «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III, IV категорий». [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_186693/

³ СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» (новая редакция) от 28 января 2021 г. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 12.06.2023 г.).

предприятий (производств), в выбросах которых присутствуют пахучие компоненты, на основании сопоставления и обобщения результатов первых двух этапов. Кроме того, принимали во внимание восприятие населением экологической ситуации, состояния здоровья и качества жизни, изученное по результатам анкетирования взрослых жителей города и комплексного обследования здоровья населения, опубликованным ранее [4, 10].

Принятый на производстве технологический процесс, мощность, расход сырья, качественный и количественный состав выбросов, расчётный и фактический уровень загрязнения атмосферного воздуха, мероприятия по сокращению выбросов изучены по проектным материалам рассматриваемого производства (сводные тома ПДВ загрязняющих веществ, проект обоснования СЗЗ, протоколы исследований загрязнения воздуха, выполненные аккредитованной лабораторией).

Ольфакто-одориметрические исследования (определение наличия и интенсивности запаха по шестибальной шкале) в районе размещения предприятия с одновременным отбором проб атмосферного воздуха для хромато-масс-спектрометрического анализа выполнены в соответствии с методикой [9]. Всего проведено 2200 подфакельных органолептических замеров в 12 точках на границе СЗЗ и на территории жилой застройки (расстояния от 155 до 1500 м от основного источника выбросов — корпуса обжарки зёрен кофе) в разных направлениях. Критерий навязчивости запаха выбросов и класс опасности производства по указанному критерию установлен в соответствии с результатами экспериментальных ольфактометрических исследований образцов выбросов от обжарки кофейных зёрен [9, 22].

Оценка аэрогенного риска для здоровья выполнена в соответствии с действующими методическими документами⁴.

Результаты

Оценка производства кофе как источника загрязнения атмосферного воздуха с установлением размера СЗЗ (этап 1). В России насчитывается более 20 предприятий по производству кофе. Они расположены в различных климатических зонах, преимущественно на селитебной территории городских и сельских поселений. Предприятия различаются по сырью, объёму производства, видам выпускаемой продукции (жареный в зёрнах, молотый, растворимый), технологии, используемым методам очистки и их эффективности. Объём производства кофе и продуктов на его основе в России по итогам 2021 г. составил 176,1 тыс. тонн. По прогнозам, к 2026 г. производство кофе в России должно достигнуть 200 тыс. тонн в год. Наиболее востребован сегмент жареного кофе, объём выпуска которого вырос на 27,1% в 2021 г.⁵ Кофеобжарочное производство, согласно санитарной классификации СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200–03⁶, отнесено к IV классу опасности с размером СЗЗ 100 м (п. 2, класс IV) раздела 7.1.8 «Промышленные объекты и производства по обработке пищевых продуктов и вкусовых веществ». В связи с выходом Постановления⁷ проведена дифференцировка кофеобжарочных производств с учётом их мощности: свыше 10 тыс. т/год — IV класс опасности (п. 8.4.2), до 10 тыс. т/год — V класс (п. 8.5.20). Также, согласно п. 3.4

указанных СанПиН, по характеристикам выбросов с ведущим фактором химического загрязнения атмосферного воздуха размер СЗЗ может устанавливаться от источников выбросов загрязняющих веществ. Данное положение актуально при наличии на предприятиях высоких, горячих источников, обуславливающих дальность распространения компонентов выбросов и запаха. На рассматриваемом производстве высота основных источников выбросов составляет от 20 до 45 м, температура (*t*) от плюс 53 °С до плюс 750 °С, что позволяет устанавливать размер СЗЗ и от источников выбросов (п. 3.4 СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200–03).

С учётом градостроительной ситуации рассматриваемое производство мощностью 30,5 тыс. т/год расположено вне селитебной зоны, в промзоне пищевых объектов и производств, на площади 370 тыс. м².

Технологический процесс изготовления растворимого кофе на рассматриваемом производстве имеет следующую схему: приём кофейных зёрен «Арабика» и «Робуста» → механическая очистка (просеивание, магнитоулавливание) → обжарка в аппаратах барабанного типа марки Probat при температуре плюс 215–225 °С → дробление → экстрагирование при давлении 16–20 атмосфер и температуре до плюс 230 °С → сушка экстракта (грануляция) в распылительной сушилке Eqron (температура плюс 230–280 °С), или сублимация (фриз драй) в аппаратах сублимационной сушки «Атлас» → фасовка. Кофейный шлам (жмых) сжигается в паровых котлах AFBC в атмосферном кипящем слое при температуре плюс 740–760 °С). Особенностью рассматриваемого производства является использование современного инновационного оборудования, оснащённого эффективными средствами газоочистки, в том числе Simatek JMR, WAMFLO, Munster LTD (с фактической эффективностью 96,2–99,4%). На обжарочные аппараты (ростеры) установлены дожигатели (RV-S 2.5) с эффективностью 81,9–85,5%.

Основная масса выбросов загрязняющих веществ приходится на источники обжарки кофе (62,8%) и сжигания отходов (22,9%). Наибольший удельный вес в составе выбросов занимают повсеместные загрязнители: углерода оксид (64%), азота диоксид (14%), серы диоксид (6%). Вклад специфических для производства примесей — пыли кофе и пыли золы кофейного шлама — составляет 5 и 4% соответственно. На оставшиеся вещества (91) приходится 7%. В структуре выбросов преобладают вещества 4-го (64,35%) и 3-го (25,76%) классов опасности. Удельный вес веществ 1-го класса составляет 0,000024%.

Согласно результатам расчёта рассеивания выбросов (унифицированная программа «Эколог», версия 4.70), на расстояниях 100 м от границы промплощадки (регламентированная СЗЗ) и в селитебной зоне (всего 29 точек) максимальные разовые и среднегодовые концентрации 32 веществ не превышают гигиенических нормативов, установленных для населённых мест⁸. При этом наибольшие концентрации имеют повсеместные загрязнители (азота диоксид, серы диоксид, углерода оксид, азота оксид, сероводород), обусловленные фоновыми уровнями. Так, концентрации (в долях ПДКм.р.) азота диоксида составляют от 0,62 до 0,79 с учётом фона и от 0,29 до 0,46 без учёта фона; углерода оксида 0,55–0,59 и 0,05–0,09 соответственно. Концентрации бенз(а)пирена составляли от 0,36 до 0,56 с фоном и от 0,03 до 0,23 без фона. Концентрация специфического для производства вещества (пыль кофе) находилась в пределах от 0,09 до 0,27 ПДКм.р. Нецелесообразность детальных расчётов определена для 64 веществ, поскольку прогнозируемые концентрации не превышали 0,1 ПДКм.р. Однако не исключено, что в составе выбросов содержатся и другие летучие соединения, в том числе и не нормируемые, но при этом обладающие раздражающим запахом.

⁸ СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» от 28 января 2021 г. (с изменениями на 30 декабря 2022 года). URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 02.04.2024 г.).

⁴ Р 2.1.10.1920–04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду, М.: Роспотребнадзор, Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004 г., 2004. 143 с.

⁵ <https://marketing.rbc.ru/author/100/>

⁶ См. раздел 7.1.8 СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200–03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов [Электронный ресурс]. КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902065388> (дата обращения: 23.03.2024 г.).

⁷ Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28.02.2022 г. № 7. О внесении изменений в постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 25.09.2007 г. № 74. <https://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202203110048>

Для оценки причинно-следственных связей здоровья населения, проживающего в районе расположения рассматриваемого производства, идентифицировано и ранжировано 96 загрязняющих веществ, присутствующих в выбросах предприятия. С учётом МР 2.1.10.1920–04, других приоритетных источников информации (публикации ВОЗ, ЕС, ANSDR, таблицы HEAST U.S.EPA) и индексов сравнительной неканцерогенной опасности (HRI) в разработку включены 14 соединений: акролеин (ранговое место 1), азота диоксид (4), серы диоксид (6), азота оксид (9), взвешенные вещества (10), ацетальдегид (12), фуран (15), формальдегид (16), углерода оксид (17), углерод чёрный (сажа) (30), бенз(а)пирен (35), бензол (36), бензин нефтяной малосернистый (54), диоксины (92). Для оценки экспозиции приоритетных загрязняющих веществ с длительным периодом осреднения (год и более) использована модель ISCLT3 (Industrial Source Complex Long Term version 3), разработанная Агентством по охране окружающей среды США (U.S.EPA)⁹. Установлено, что воздействие приоритетных веществ, поступающих в атмосферный воздух из выбросов рассматриваемого предприятия, не создаёт опасности развития неканцерогенных эффектов при хроническом (в течение жизни) воздействии. Индексы опасности развития неканцерогенных эффектов для смесей веществ с односторонним действием на изученные критические органы и системы организма, включая влияние на органы дыхания, печень, систему органов кровообращения, центральную нервную систему (ЦНС), зубы, процессы развития, системные эффекты и др., находятся в пределах допустимых величин.

Ранжирование выбросов по степени опасности развития канцерогенных эффектов выполнено с учётом объёма выбросов, фактора канцерогенного потенциала (SF_i), группы по классификации доказанности канцерогенных свойств (МАИР), индекса сравнительной канцерогенной опасности веществ. Установлено, что индивидуальный канцерогенный риск от воздействия формальдегида ($4,8 \cdot 10^{-7}$ – $2,1 \cdot 10^{-6}$), углерода чёрного (сажа) ($7,1 \cdot 10^{-8}$ – $2,5 \cdot 10^{-7}$), бензола ($2,1 \cdot 10^{-9}$ – $9,7 \cdot 10^{-8}$), бензина ($1,3 \cdot 10^{-7}$ – $2,1 \cdot 10^{-6}$), бенз(а)пирена ($3,6 \cdot 10^{-7}$) не превышает допустимых значений, то есть в реальных условиях риск развития канцерогенных эффектов соответствует допустимому уровню. Данные уровни подлежат постоянному контролю. Таким образом, результаты исследований по оценке рисков подтверждают, что неканцерогенный и канцерогенный риски для населения нормируемых территорий, расположенных вблизи рассматриваемого производства, находятся на приемлемом уровне.

По данным проведённых аккредитованной лабораторией систематических натурных исследований восьми приоритетных контролируемых веществ (проп-2-ен-аль (акролеин), ацетальдегид, формальдегид, бензол, азота диоксид, серы диоксид, взвешенные вещества, углерода оксид), превышений ПДК_{м.р.} на расстоянии 155–530 м от основных источников выбросов не установлено. По прогнозируемым концентрациям загрязняющих веществ, подтверждённым натурными исследованиями, и результатам оценки риска для здоровья населения для рассматриваемого производства растворимого кофе установлены размеры СЗЗ от 155 до 530 м от корпуса обжарки кофе и корпуса сжигания кофейного жмыха в разных направлениях (или 100 м от границы промплощадки). Такая СЗЗ соответствует IV классу опасности, регламентирована согласно разделу 7.1.8 «Промышленные объекты и производства по обработке пищевых продуктов и вкусовых веществ» СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200–03¹⁰, не противоречит

п. 8.4.2 Постановления¹¹ Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28 февраля 2022 г. № 7.

Ольфакто-одориметрические и инструментальные исследования загрязнения атмосферного воздуха в районе размещения предприятия (этап 2). В результате ольфакто-одориметрических исследований установлено, что практически на всех этапах технологического процесса производства в той или иной степени формируются выбросы пахучих веществ, однако основными источниками стойкого специфического запаха, распространяющегося за пределы промплощадки, являются процессы, протекающие при высоких температурах: обжарка кофейных зёрен (плюс 215–225 °С), сушка экстракта (плюс 230–280 °С), сжигание кофейного жмыха (плюс 740–760 °С).

Согласно результатам инструментальных хромато-масс-спектрометрических исследований, в вентиляционных выбросах от обжарки кофейных зёрен и сушки кофейного экстракта идентифицировано 60 химических веществ, относящихся к различным классам и принимающих участие в формировании специфического запаха. Наибольший вклад в суммарную концентрацию веществ вносят углеводороды (66–66,2%), в том числе терпеновые (28,6–29,4%), насыщенные (20,2–20,9%) и циклические (11,5–12,2%); на долю спиртов, сложных эфиров и кетонов приходится соответственно 13–13,7; 6,5–6,7 и 5,7–6,2% суммарной концентрации всех веществ.

В соответствии с разработанными методическими подходами к оценке навязчивости запаха выбросов различных производств и технологических процессов [2], в зависимости от сорта перерабатываемого кофе («Арабика» или «Робуста»), а также их соотношения, выбросы от обжарки кофе отнесены к умеренно навязчивым (3-й класс) или к малонавязчивым (4-й класс).

В пробах атмосферного воздуха, отобранных на расстояниях от 155 до 700 м от основных источников выбросов при наличии специфического запаха кофе, хромато-масс-спектрометрическими исследованиями определены вещества различных классов опасности, в том числе фураны, углеводороды, альдегиды, спирты, кислоты, эфиры, кетоны (всего 60 веществ), в концентрациях от десятитысячных до десятых долей ПДК_{м.р.} (ОБУВ).

Эксперты-исследователи установили с использованием ольфакто-одориметрических методов, что, несмотря на отсутствие превышений гигиенических нормативов, специфический запах выбросов предприятия определяется не только на границе санитарно-защитной зоны, но и за её пределами. Результаты исследований на различных расстояниях от основного источника запаха (трубы корпуса обжарки) показаны в таблице.

Согласно полученным результатам, частота обнаружения и сила специфического кофейного запаха выбросов, распространяющегося на значительные расстояния, постепенно снижаются по мере удаления от источника. Максимальная вероятность ощущения запаха, как и максимальная вероятность ощущения запаха силой 3 балла и выше, наблюдается не на ближайшем расстоянии, а в 345–400 м от источника, что может быть обусловлено высотой (25–40 м) выбросов, определяющих запах (трубы ростеров цеха обжарки, сушки экстракта, котлов сжигания жмыха).

Несмотря на уменьшение интенсивности запаха с увеличением расстояния, на границе СЗЗ предприятия (155–530 м от источников) вероятность появления запаха, способного вызвать ощущение навязчивости (3 балла и более), превышает 5% и, следовательно, не укладывается в одориметрические критерии качества воздуха [9]. В зависимости от метеорологических условий (направление, скорость ветра)

¹¹ См. п. 8.4.2 Постановления Главного государственного санитарного врача РФ от 28 февраля 2022 г. № 7 «О внесении изменений в постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 25.09.2007 г. № 74» с приложением (дата обращения: 02.04.24 г.).

⁹ User's Guide For The Industrial Source Complex (ISC3) Dispersion Models. V.1.2. EPA-454/B-95-003a. U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY Office of Air Quality Planning and Standards Emissions, Monitoring, and Analysis Division Research Triangle Park, North Carolina 27711, September, 1995.

¹⁰ См. раздел 7.1.8 «Промышленные объекты и производства по обработке пищевых продуктов и вкусовых веществ» СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200–03.

Вероятность (%) обнаружения исследователями запаха с оценкой его интенсивности (баллы) на различных расстояниях от основного источника выбросов (трубы корпуса обжарки)

Probability (%) of the detection size the odour by researchers with an assessment of its intensity (scores) at various distances from the main source of emissions (coffee roaster pipe)

Расстояние от источника, м Distance from source, m	Всего замеров Total measurements	Вероятность обнаружения запаха (%) Probability of odour detection (%)	Распределение исследователей (%) по оценке интенсивности запаха (в баллах) Distribution of researchers (%) according to odour intensity assessment (in points)				
			1 балл point	2 балла points	3 балла points	4 балла points	5 баллов points
155–175	760	72.9	16.8	17.5	22.6	12.2	3.7
345–400	360	88.1	15.8	17.5	35.8	18.6	0.3
460–475	480	63.1	9.6	18.6	24.4	9.8	0.6
530	240	40	17.1	15	6.7	1.2	–
700–800	240	45.8	27.1	15	3.7	–	–
1500	120	26.6	23.3	3.3	–	–	–

на расстояниях от 155 до 475 м от источника запах может быть раздражающим (навязчивым) для 34,8–54,7% населения. С увеличением расстояния от источников (530 м) 7,9% населения будут воспринимать специфический запах производства растворимого кофе как раздражающий. Допустимая вероятность ощущения навязчивости запаха (менее 5% населения) достигается на расстоянии 700 м и более от источников.

Следовательно, с учётом приведённых результатов ольфакто-одориметрических исследований, размер СЗЗ рассматриваемого производства кофе, обеспечивающей комфортные условия жизни (отсутствие навязчивого запаха), составляет 700 м от основного источника запаха (трубы корпуса обжарки зёрен кофе), что в 1,3–4,5 раза больше, чем при обосновании СЗЗ традиционным методом (155–530 м от основного источника).

Обсуждение

Алгоритм обоснования класса опасности и размера СЗЗ для предприятий (производства), в выбросах которых присутствуют пахучие компоненты (этап 3). В настоящее время оценка опасности предприятий, основанная на классификации потенциально опасных объектов по конкретным отраслям промышленности, разработана без учёта такого критерия, как запах. Навязчивый запах может распространяться на значительные расстояния, обычно превышающие размеры СЗЗ предприятий, и становиться причиной частых жалоб населения на здоровье и неблагоприятные условия жизни [3, 4, 7, 8]. Задача учёта запаха при обосновании СЗЗ не решена на научном, методическом, правовом уровнях, но имеется положительный опыт оценки загрязнения атмосферного воздуха по ольфактометрическому критерию (доле превышений порога запаха) для целей социально-гигиенического мониторинга [12] и алгоритм использования комплексного подхода, включающего временной анализ жалоб, при идентификации источников выбросов пахучих веществ [11].

Исторически класс опасности предприятий определяется по расстоянию, которое обеспечивает рассеивание концентраций загрязняющих веществ и снижение уровней физических воздействий до значений гигиенических нормативов, установленных для населённых мест. По результатам экспертно-аналитической оценки проектных материалов рассматриваемое производство может быть отнесено к предприятиям 4-го класса опасности, так как оно не создаёт химического воздействия на окружающую среду и здоровье населения выше значений гигиенических нормативов и приемлемого риска, на расстояниях 155–530 м от источников (100 м от границы промплощадки), что соответствует санитарной классификации предприятий согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1200–03.

При этом на основании проведённых натурных исследований установлено, что предприятие по производству растворимого кофе оказывает запаховое воздействие, основными источниками которого являются процессы обжарки кофейных зёрен, сушки кофейного экстракта и сжигания жмыха. Согласно результатам хромато-масс-спектрометрического анализа выбросов, специфический запах производства формируется за счёт значительного разнообразия летучих органических веществ (всего 60), относящихся к различным химическим классам. В соответствии с разработанной классификацией навязчивости запаха [2] выбросы от обжарки кофе варьируются от малонавязчивых (4-й класс) до умеренно навязчивых (3-й класс).

Ольфакто-одориметрические исследования вероятности появления и силы запаха в атмосферном воздухе в районе размещения предприятия показали, что специфический запах кофе распространяется за пределы установленной СЗЗ и способен вызвать раздражение (ощущение навязчивости) у значительной части населения, проживающего на расстояниях до 700 м от источников. При этом концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, по данным хромато-масс-спектрометрических исследований, не превышают гигиенических нормативов. Данные натурных одориметрических измерений в последующем были подтверждены результатами социологических исследований восприятия населением экологической ситуации, состояния здоровья и качества жизни [4, 10].

При существующей на предприятии технологии производства кофе для обеспечения регламентированного санитарным законодательством размера СЗЗ (100 м от промплощадки), обеспечивающего устранение запаха на селитебной территории, требуется снижение выбросов от основных источников пахучих веществ (вариант 1). Также возможно увеличение размера СЗЗ до 700 м от источников, что будет гарантией приемлемых значений частоты возникновения и силы запаха (вариант 2).

Очевидно, что наиболее перспективным следует признать подход, основанный на наилучших доступных технологиях (НДТ), в качестве составной части нормативной правовой базы предотвращения и контроля промышленных эмиссий. Но, несмотря на прогресс в области НДТ, для значительного числа отраслей, в том числе для кофейных производств, в России в настоящее время они не разработаны. В то же время проблема навязчивых запахов выбросов существует и требует разрешения. С учётом технологических особенностей производства кофе наиболее рациональным для обеспечения комфортной городской среды следует признать целенаправленное сокращение выбросов летучих органических соединений – источников запаха.

Заключение

Результаты настоящего исследования показали, что для обеспечения запросов практики, в том числе при установлении размеров СЗЗ, и планировании мероприятий по снижению воздействия запаха на население в районах размещения производств — источников выбросов пахучих веществ следует принимать во внимание принципы и методы оценки загрязнения атмосферного воздуха с учётом навязчивости запаха.

Алгоритм разработки СЗЗ для производств, в выбросах которых присутствуют пахучие вещества, должен включать: оценку градостроительной ситуации, технологических решений (приоритетными следует считать технологии, разработанные для конкретных производств, на основе НДТ);

анализ особенностей технологического процесса (ранжирование по вредности основных производств); инвентаризацию выбросов, включая хромато-масс-спектрометрический анализ, с целью выбора приоритетных загрязнителей; идентификацию основных источников выбросов пахучих веществ; гигиеническую оценку качества атмосферного воздуха (по данным расчётных и натурных исследований), дополненную ольфакто-одориметрическими исследованиями оценки запаха в районе размещения предприятия; определение риска воздействия приоритетных загрязняющих веществ на население; изучение степени напряжённости медико-экологической ситуации территории в районе расположения предприятия (наличие жалоб, оценка заболеваемости); разработку программы мониторинга с контролем эффективности мероприятий.

Литература

(п.п. 7, 8, 14–22 см. References)

- Бударина О.В., Сабирова З.Ф. Несоответствие законодательства Российской Федерации, регламентирующего требования к промышленным объектам. *Экологическое право*. 2019; (6): 36–9. <https://elibrary.ru/namrme>
- Бударина О.В., Сабирова З.Ф., Андришин И.Б., Шипулина З.В. Гигиеническое обоснование классификации опасности 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>
- Баева И.В., Звягин А.М. Гигиенические аспекты оценки и контроля атмосферных загрязнений, обладающих запахом. В кн.: Попова А.Ю., Кузьмин С.В., ред. *Развивая вековые традиции, обеспечивая «Санитарный щит» страны: Материалы XIII Всероссийского съезда гигиенистов, токсикологов и санитарных врачей с международным участием, посвященного 100-летию основания Государственной санитарно-эпидемиологической службы России. Том I*. Мытищи; 2022: 63–5. <https://elibrary.ru/nvtqit>
- Гошин М.Е., Бударина О.В., Ингель Ф.И. Запахи в атмосферном воздухе: анализ связи с состоянием здоровья и качеством жизни взрослого населения города с развитой пищевой промышленностью. *Гигиена и санитария*. 2020; 99(12): 1339–45. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-12-1339-1345> <https://elibrary.ru/hntnez>
- Ингель Ф.И., Бударина О.В., Ахальцева Л.В. Анализ влияния запаха с высоким потенциалом раздражения на самочувствие, активность и настроение человека в одориметрических исследованиях. *Гигиена и санитария*. 2021; 100(6): 560–7. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-6-560-567> <https://elibrary.ru/ancbsn>
- 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>
- 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/gfxxyu>
- Гошин М.Е., Сабирова З.Ф., Бударина О.В., Ингель Ф.И., Шипулина З.В., Вальцева Е.А. Оценка состояния здоровья населения при воздействии обладающих запахом компонентов выбросов предприятий агропромышленного комплекса и пищевой промышленности. *Гигиена и санитария*. 2021; 100(12): 1359–65. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-12-1359-1365> <https://elibrary.ru/zyhdaq>
- Карелин А.О., Ломтев А.Ю., Фридман К.Б., Еремин Г.Б., Панькин А.В. Выявление источников выбросов загрязняющих веществ, вызывающих жалобы населения на неприятные запахи. *Гигиена и санитария*. 2019; 98(6): 601–7. <https://elibrary.ru/cebqhl>
- Киселев А.В., Григорьева Я.В. Применение результатов расчёта загрязнения атмосферного воздуха для социально-гигиенического мониторинга. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(4): 306–9. <https://elibrary.ru/ykuqhr>
- Ван Харревелд Т. К вопросу об управлении запахом на территории Европейского Союза. В кн.: *Международная конференция «Актуальные вопросы оценки и регулирования запаха»: Сборник докладов*. М.: Лиггетт-Дукат; 2006: 13–29.

References

- Budarina O.V., Sabirova Z.F. Inconsistency of laws of the Russian Federation regulating requirements for industrial objects. *Ekologicheskoe pravo*. 2019; (6): 36–9. <https://elibrary.ru/namrme> (in Russian)
- Budarina O.V., Sabirova Z.F., Andriushin 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*. 2023; 102(9): 888–95. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-9-888-895> <https://elibrary.ru/uyfatq> (in Russian)
- Baeva I.V., Zvyagin A.M. Hygienic aspects of assessment and control of odor-causing atmospheric pollutants. In: Popova A.Yu., Kuzmin S.V., eds. *Developing Century-Old Traditions, Ensuring the «Sanitary Shield» of the Country: Materials of the XIII All-Russian Congress of Hygienists, Toxicologists, and Sanitary Doctors with International Participation, Dedicated to the 100th Anniversary of the Establishment of the State Sanitary-Epidemiological Service of Russia. Volume I* [Razvivaya vekovye traditsii, obespechivaya «Sanitarnyi schit» strany: Materialy XIII Vserossiiskogo s'ezda gigenistov, toksikologov i sanitarnykh vrachei s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennogo 100-letiyu osnovaniya Gosudarstvennoi sanitarno-epidemiologicheskoi sluzhby Rossii. Tom I]. Mytishchi; 2022: 63–5. <https://elibrary.ru/nvtqit> (in Russian)
- Goshin M.E., Budarina O.V., Ingel F.I. The odours in the ambient air: analysis of the relationship with the state of health and quality of life in adults residing in the town with food industries. *Gigiena i Sanitariya*. 2020; 99(12): 1339–45. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-12-1339-1345> <https://elibrary.ru/hntnez> (in Russian)
- Ingel F.I., Budarina O.V., Akhalseva L.V. Impact of Odour with high annoyance potential on human feeling, activity, and mood in odourimetric studies. *Gigiena i Sanitariya*. 2021; 100(6): 560–7. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-6-560-567> <https://elibrary.ru/ancbsn> (in Russian)
- Syrchina N.V., Pilip L.V., Ashikhmina T.YA. 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)
- Environmental Public Health Science Unit, Health Protection Branch, Public Health and Compliance Division, Alberta Health. *Odours and Human Health*. Edmonton, Alberta; 2017.
- 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>
- Budarina O.V. *Scientific substantiation of modern hygienic principles for regulation, control, and assessment of odor in the atmospheric air of populated areas*: Diss. Moscow; 2020. <https://elibrary.ru/gfxxyu> (in Russian)
- Goshin M.E., Sabirova Z.F., Budarina O.V., Ingel F.I., Shipulina Z.V., Valceva E.A. Assessment of the public health status under the influence of odorous emission components of food and agro-industrial enterprises. *Gigiena i Sanitariya*. 2021; 100(12): 1359–65. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-12-1359-1365> <https://elibrary.ru/zyhdaq> (in Russian)
- Karelin A.O., Lomtev A.Yu., Friedman K.B., Yeregin G.B., Pankin A.V. Identification of emission sources of pollutants causing complaints of unpleasant odours. *Gigiena i Sanitariya*. 2019; 98(6): 601–7. <https://elibrary.ru/cebqhl> (in Russian)
- Kiselev A.V., Grigoreva Ya.V. Application of air pollution calculation results for social-hygienic monitoring. *Gigiena i Sanitariya*. 2017; 96(4): 306–9. <https://elibrary.ru/ykuqhr> (in Russian)
- Van Harrevelt T. On the issue of odor management in the territory of the European Union. In: *International Conference «Topical Issues of Odor Assessment and Regulation»: Collection of Reports* [Mezhdunarodnaya konferentsiya «Aktual'nye voprosy otsenki i regulirovaniya zapakha». *Sbornik dokladov*]. Moscow: Liggett-Dukat; 2006: 13–29. (in Russian)
- 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>
- Zhang Y., Ning X., Li Y., Wang J., Cui H., Meng J., et al. Impact assessment of odor nuisance, health risk and variation originating

Original article

- from the landfill surface. *Waste Manag.* 2021; 126: 771–80. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.03.055>
16. 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>
 17. Preston K., Furberg M., Smith B. Odour management in British Columbia: review of other jurisdictions and recommendations. In: *Odors and Air Pollutants Conference*. Water Environment Federation; 2006: 209–33. Available at: <https://clck.ru/3EZ5W8>
 18. Guidance for Odour. Part 1 – Regulation and Permitting. Part 2 – Assessment and Control. Draft. IPPC H4.
 19. Zarra T., Belgiorno 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>
 20. Bokowa A., Diaz C., Koziel J.A., McGinley M., Barclay J., Schaubberger G., et al. Summary and overview of the odor regulations worldwide. *Atmosphere*. 2021; 12(2): 206. <https://doi.org/10.3390/atmos12020206>
 21. Bull M., McIntyre A., Hall D., Allison G., Redmore J., Pullen J., et al. IAQM Guidance on the assessment of odour for planning. 2018: version 1.1, Institute of Air Quality Management, London. Available at: <https://iaqm.co.uk/text/guidance/odour-guidance-2014.pdf>
 22. European Standard EN 13725: 2003 (main). Air quality – Determination of odour concentration by dynamic olfactometry. European committee for standardisation (Comité Européen de Normalisation); 2003. Available at: <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/96eeb1f0-43fc-452c-aad3-29a9c811c1ca/en-13725-2003>

Сведения об авторах

Сабирова Зульфия Фаридовна, доктор мед. наук, профессор, вед. науч. сотр. отд. гигиены ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, 119121, Москва, Россия. E-mail: sabirovazf2011@mail.ru

Бударина Ольга Викторовна, доктор мед. наук, гл. науч. сотр. ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, 141014, Мытищи, Россия. E-mail: Budarina.ov@fncg.ru

Information about the authors

Zulfiya F Sabirova, DSc (Medicine), Professor, Leading Researcher of the Hygiene Department, Centre for Strategic Planning of the Federal medical and biological agency, Moscow, 119121, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-3505-8344> E-mail: sabirovazf2011@mail.ru

Olga V. Budarina, DSc (Medicine), 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