

Гигиена окружающей среды и населенных мест

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2019

Карелин А.О.^{1,2}, Ломтев А.Ю.^{1,3}, Фридман К.Б.⁴, Еремин Г.Б.⁴, Панькин А.В.¹

ВЫЯВЛЕНИЕ ИСТОЧНИКОВ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ, ВЫЗЫВАЮЩИХ ЖАЛОБЫ НАСЕЛЕНИЯ НА НЕПРИЯТНЫЕ ЗАПАХИ

¹ООО «Институт проектирования, экологии и гигиены», 197022, Санкт-Петербург;

²ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России, 197022, Санкт-Петербург;

³ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Минздрава России, 191015, Санкт-Петербург;

⁴ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 191036, Санкт-Петербург.

Введение. Одной из основных причин жалоб населения на плохое качество атмосферного воздуха является неприятный запах. Целью исследования являлось определение источников выбросов в атмосферный воздух вредных загрязняющих веществ, обладающих ольфакторным эффектом, на основе комплексного анализа официальных материалов: жалоб населения, данных о метеоусловиях, результатов определения загрязняющих веществ на автоматических станциях, градостроительной ситуации, данных об атмосферных выбросах загрязняющих веществ основных предприятий и расчётах их рассеивания.

Материал и методы. База анализируемых данных включала картографические материалы, 2 171 показатель метеорологических условий, 576 жалоб, более 100 000 данных о загрязнении атмосферного воздуха, сведения об источниках выбросов загрязняющих веществ и их рассеивании для 13 промышленных предприятий. Для обработки данных использовались принципы геостатистического анализа, метод (обратных) взвешенных расстояний, анализ временных рядов.

Результаты. В результате проведенного временного анализа жалоб на наличие неприятного запаха в атмосферном воздухе, с учётом регистрируемых направлений ветра были определены районы предполагаемого размещения источников выбросов загрязняющих веществ, обладающих ольфакторным эффектом. Ими оказались территории, расположенные в основном к югу, северо-западу и северу (запах сероводорода), к западу и югу (химический запах) от селитебной зоны. Данные анализа временных рядов концентраций сероводорода и регистрируемых направлений ветра показали, что возможные источники выбросов расположены к югу от селитебной зоны. Оценка состава и объёмов выбросов загрязняющих веществ предприятий и расчёта их рассеивания позволила установить, что основным источником выделения загрязняющих веществ, обладающих запахом сероводорода, является полигон твёрдых коммунальных отходов (ТКО). Для химического запаха, других веществ и направлений источники могут быть определены предположительно.

Заключение. Предлагаемые подходы позволяют определить районы расположения источников выбросов в атмосферный воздух вредных загрязняющих веществ, обладающих ольфакторным эффектом и в ряде случаев приоритетное предприятие.

Ключевые слова: загрязнение атмосферного воздуха; концентрации; запах; жалобы населения; источники выбросов в атмосферный воздух.

Для цитирования: 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): 601-607. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-6-601-607>

Для корреспонденции: Карелин Александр Олегович, зав. каф. общей гигиены с экологией ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России, науч. конс. ООО «ИПЭиГ», 197022, Санкт-Петербург; E-mail: karelin52@mail.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Участие авторов: концепция и дизайн исследования – Карелин А.О., Ломтев А.Ю., Фридман К.Б.; сбор и обработка материала – Еремин Г.Б., Панькин А.В.; статистическая обработка – Карелин А.О., Еремин Г.Б., Панькин А.В.; написание текста – Карелин А.О., Еремин Г.Б., Фридман К.Б.; редактирование – Карелин А.О., Ломтев А.Ю., Еремин Г.Б.; утверждение окончательного варианта статьи – Карелин А.О.; ответственность за целостность всех частей статьи – Еремин Г.Б.

Поступила 11.03.2019

Принята к печати 27.05.19

Опубликована 07.2019

Karelin A.O.^{1,2}, Lomtev A.Yu.^{1,3}, Friedman K.B.⁴, Yeregin G.B.⁴, Pankin A.V.¹

IDENTIFICATION OF EMISSION SOURCES OF POLLUTANTS CAUSING COMPLAINTS OF UNPLEASANT ODOURS

¹Ltd Company “Institute of Design, Ecology, and Hygiene”, Saint-Petersburg, 197022, Russian Federation;

²I.P. Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, Saint-Petersburg, 197022, Russian Federation;

³I.I. Mechnikov North-West State Medical University, Saint-Petersburg, 191015, Russian Federation;

⁴North-West Public Health Research Center, Saint-Petersburg, 191036, Russian Federation;

Introduction. One of the main reasons for the complaints of the population about the poor air quality is an unpleasant odor. **The purpose of this study** was to determine the sources of emissions into the air of harmful pollutants with an olfactory effect on the basis of a comprehensive analysis of official materials: complaints of the population, data on weather

conditions, the results of the determination of pollutants at automatic stations, urban situation, data on atmospheric emissions of pollutants of the main enterprises and calculations of their dispersion.

Material and Methods. The database included a map materials, 2171 meteorological data, 576 complaints, more than 100 thousand data about air pollution, information about the emission sources of pollutants and their dispersion for 13 industrial enterprises. The principles of geostatistical analysis, (inverse) weighted distance method, time-series study were used to process the data.

Results. As a result of the time-series analysis of complaints about the presence of odors in the air, taking into account the recorded wind directions, there were determined areas of the alleged location of sources of emissions of pollutants with olfactory effect. They were the territories located mainly to the South, North-West, and North (smell of hydrogen sulfide), to the West and South (chemical smell) of the residential zone. The time-series analysis of hydrogen sulfide concentrations and recorded wind directions showed that possible emission sources are located to the South of the residential zone. Assessment of the composition and volume of emissions of pollutants of enterprises and calculation of their dispersion made it possible to establish the main source of release of pollutants with the smell of hydrogen sulfide to be the landfill of municipal solid waste. For the chemical smell, both other substances and directions of the sources can be defined approximately.

Conclusion. The proposed approaches allow determining the areas of the location of the sources of emissions of harmful pollutants with olfactory effect into the air, and in some cases, the priority enterprise.

Key words: air pollution; concentrations; odours; population complaints; atmospheric air emission sources.

For citation: 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 (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2019; 98(6): 601-607. (In Russ.). DOI: 10.18821/0016-9900-2019-98-6-601-607

For correspondence: Aleksandr O. Karelin, MD, PhD, DSci., Professor, Chief of the Department of General Hygiene and Ecology, I.P. Pavlov First Saint-Petersburg State Medical University, Saint-Petersburg, 197022, Russian Federation, scientific consultant of the Ltd Company "Institute of Design, Ecology, and Hygiene", Saint-Petersburg, 197022, Russian Federation. E-mail: karelin52@mail.ru

Information about the author: Karelin A.O., <http://orcid.org/0000-0003-2467-7887>;
Lomtev A.Yu., <http://orcid.org/0000-0003-3183-2582>; Friedman K.B., <http://orcid.org/0000-0001-7189-0141>;
Yeregin G.B., <http://orcid.org/0000-0002-1629-5435>; Pankin A.V. <http://orcid.org/0000-0002-7645-2199>

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

Acknowledgments. The study had no sponsorship.

Contribution: the concept and design of the research – Karelin A.O., Lomtev A.Yu., Fridman K.B.; collection and processing of material – Eremin G.B., Pan'kin A.V.; statistical processing – Karelin A.O., Eremin G.B., Pankin A.V.; writing the text – Karelin A.O., Eremin G.B., Fridman K.B.; editing – Karelin A.O., Lomtev A.Yu., Eremin G.B.; approval of the final version of the article – Karelin A.O.; responsibility for the integrity of all parts of the article – Eremin G.B.

Received: 11 March 2019

Accepted: 27 May 2019

Published 07.2019

Введение

Одним из ведущих критериев качества атмосферного воздуха, влияющим на его оценку и вызывающим жалобы населения, является посторонний запах, для характеристики которого в отечественной и зарубежной литературе используются такие термины, как неопределённый, специфический, навязчивый или раздражающий [1–3]. Значительное количество химических веществ, поступающих в атмосферный воздух, обладает запахом или раздражающим действием, связанным с запахом. Поэтому в многочисленных работах отечественных и иностранных авторов выявлены наличие запахов и зависимость их интенсивности от расстояния от источников выбросов для предприятий целлюлозно-бумажной промышленности [4], ТЭЦ и котельных, работающих на мазуте [5], предприятий по обезвреживанию хозяйственно-бытовых, промышленных и поверхностных сточных вод [6, 7], объектов биоразложения отходов [8], реакторов по переработке твёрдых коммунальных отходов (ТКО) [9], животноводческих ферм [7, 10, 11], месторождений нефти и газа [12], предприятий нефтехимической и химической промышленности [13, 14] и др.

Запахи, ощущаемые человеком, являются не только одним из важнейших показателей, влияющим на оценку качества воздуха, но и способны оказывать психологическое, фармакологическое, физиологическое воздействия; запахи могут негативно сказываться на самочувствии и даже на здоровье человека. Была выявлена связь частоты жалоб с общим ухудшением здоровья, ростом симптомов нарушения деятельности дыхательной, пищеварительной, нервной систем [8, 10], снижением качества жизни,

связанного со здоровьем [15]. В связи с этим во многих странах разработаны подходы к нормированию, контролю и регулированию запаха в атмосферном воздухе, которые имеют существенные различия. Так, требования к качеству воздуха варьируют от полного запрета наличия запаха до возможности ощущения раздражения 10% населения [7, 16], подходы к контролю – от исследований на источнике с построением различных моделей рассеивания [17] до эпидемиологических исследований, которые проводятся в течение 6–12 мес с оценкой уровня и характера запаха в установленных точках вокруг предприятия группой инспекторов [18]. Анализ регулирования запахов в атмосферном воздухе на национальном, государственном и муниципальном уровнях в 28 странах мира показал, что используются разнообразные подходы: установление максимальных стандартов воздействия (maximum impact standard), фиксированных разделительных расстояний (separation distance standard), стандартов выбросов (maximum emission standard), стандартов жалоб (maximum annoyance standard), технологических стандартов (technology standard) [3]. В отечественной практике предлагались подходы к решению этой проблемы на базе органолептического контроля загрязнения атмосферного воздуха веществами, обладающими запахом, с возможностью выражения содержания вещества (смеси веществ) в любой заданной точке как в концентрации веществ, так и в единицах запаха [19], а также исследования запахов на источнике и измерения концентрации запаха ольфактометрическим методом в заданных точках с дальнейшим использованием расчётных моделей [20]. Однако они не находят широкого применения, так как требуют длительной и систематической работы в области исследования

выброса запаха от различных источников загрязнения атмосферы [21], учёта наличия толерантности и развития адаптации и кумуляции эффектов при воздействии веществ, обладающих запахом [22]. Несмотря на то, что, по данным государственного доклада об охране окружающей среды Российской Федерации, в городах с высоким и очень высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха в 2016 г. проживало 16,4 млн человек (что составляет 15% городского населения России [23]), и что наиболее частой причиной обращений граждан в суд с просьбой о возмещении вреда здоровью в связи с негативным воздействием загрязнённого воздуха является наличие запахов при осуществлении производственной деятельности предприятий и организаций, вероятно поэтому более половины этих обращений не подлежало удовлетворению [2]. Таким образом, имеется необходимость разработки и совершенствования подходов к выявлению источников выбросов загрязняющих веществ, обладающих ольфакторным действием, в атмосферный воздух.

Материал и методы

Исследования проводились на территории Московской области в городском округе Балашиха (г.о. Балашиха) с января по сентябрь 2017 г. Информация о градостроительной ситуации основывалась на картографических материалах открытых источников и включала данные о топографии, административных границах, зонировании территории, расположении основных промышленных объектов. Ежедневные сведения о метеоусловиях были получены с автоматизированной мониторинговой станции АМС Железнодорожный (Московская область, г.о. Балашиха, ул. Гидрогородок). Представленные данные включали сведения о температуре воздуха (°C), направлении (по 16 румбам) и скорости ветра (м/с). Измерения гидрометеорологических характеристик на АМС производили 8 раз в сутки в 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18 и 21 час. На основании полученных данных была сформирована компьютерная база данных, которая включала в себя 2 171 запись. База данных о жалобах населения была сформирована по результатам зарегистрированных обращений граждан в единую дежурную диспетчерскую службу, на почту Главы города, в Управление Президента по работе с обращениями граждан и организаций, Управление по работе с обращениями граждан и организаций Администрации Губернатора Московской области, Межрайонную природоохранную прокуратуру МО, Аппарат полномочного представителя Президента Российской Федерации в ЦФО, «Добродел» – официальный портал правительства Московской области. Всего было зарегистрировано 576 обращений на посторонние запахи в атмосферном воздухе, что составило 124,48 на 100 000 человек. Сведения об обращениях граждан были геокодированы в ГИС на основе почтового адреса.

Оценка загрязнения атмосферного воздуха на исследуемой территории проводилась на основе данных, полученных в результате мониторинга на двух-автоматических станциях контроля загрязнения атмосферы (АСКЗА) – «Балашиха-Речная» и «Кожухово») по 11 загрязняющим веществам и трём суммарным показателям. Следует отметить, что расположенные непосредственно в городском округе АСКЗА «Балашиха-Речная» начали работать во время проведения исследования и не охватывали весь его период. Количество проб по каждому веществу на пунктах составило 384. Поэтому дополнительно были проанализированы данные на ближайшем АСКЗА «Кожухово» (3,5 км к югу от границы селитебной зоны г.о. Балашиха), количество проб на котором по каждому веществу соста-

вило 9418. Компьютерная база данных по загрязнению атмосферного воздуха включала 107 822 единицы. Для более точного территориального определения концентраций использовались принципы геостатистического анализа, заложенного в модуле Geostatistical Analyst (ArcGIS), который использует значения в опорных точках* и строит (интерполирует) непрерывную поверхность. Для интерполяции среди всех геостатистических методов нами был выбран один из методов детерминистской интерполяции, а именно метод (обратных) взвешенных расстояний, так как он лучше всего подходит для интерполяции математических функций.

Данные об атмосферных выбросах основных предприятий были получены из материалов по разработке и установлению предельно допустимых выбросов (ПДВ). Расчёты рассеивания проведены с помощью УПРЗА «Эколог-3» в прямоугольной области размером 30 000 × 30 000 м, охватывающей территорию г.о. Балашиха и прилегающие окрестности. Всего в комплексную модель были включены сведения об источниках выбросов загрязняющих веществ 13 промышленных предприятий, на которых расположены 645 источников, выбрасывающих 75 загрязняющих веществ.

Для решения поставленных задач, возможности сопоставления картографического и семантического материала была сформирована географическая информационная система (ГИС) [24]. Для выявления связей использовался метод анализа временных рядов (time-series study), который успешно применялся для оценки влияния метеофакторов на здоровье населения [25].

Результаты

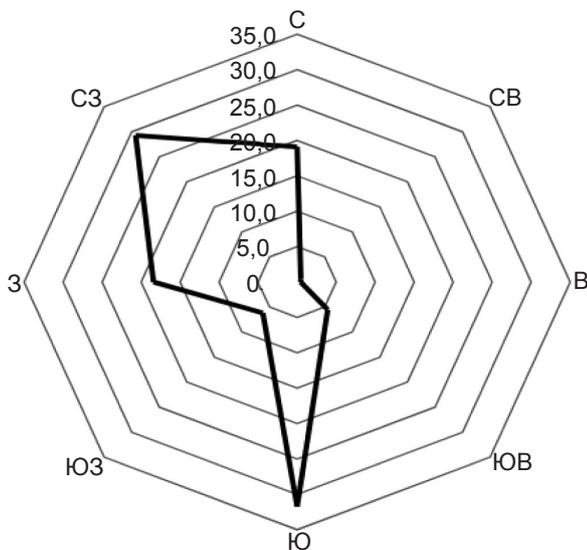
Анализ причин жалоб показал, что в г.о. Балашиха преобладали обращения жителей по поводу запаха сероводорода, которые составили 405 (87,52%) на 100 000 человек, достигая 70,3% от всех обращений. Среди поступивших за анализируемый период жалоб второе ранговое место занимали жалобы на химический запах – 103 (22,26%) на 100 000 человек – 17,9% от всех обращений. Жалобы на запах гари занимали третье ранговое место – 19 (4,11%) на 100 000 человек, – 3,3% в общей структуре обращений, а все прочие носили единичный характер.

Направление и скорость ветра являются важнейшими характеристиками, определяющими параметры рассеивания вредных загрязняющих веществ в атмосфере [26, 27] и, соответственно, могут оказывать воздействие на интенсивность жалоб населения. С помощью проведённого анализа метеоданных выяснилось, что наиболее частое повторение направлений ветра для изучаемой территории за весь период наблюдения – западное и юго-западное.

С помощью анализа временных рядов жалоб и регистрируемых направлений ветра было показано, что наибольшее количество всех обращений регистрировалось при южном направлении – 143 (30,9%) на 100 000 человек, при северо-западном направлении – 132 (28,53%) на 100 000 человек и северном направлении ветра – 86 (18,59%) на 100 000 человек (см. рисунок). В структуре распределения жалоб по направлениям ветра на эти румбы приходилось соответственно 24,8, 22,9 и 14,9%.

При анализе обращений на запах сероводорода выявлено аналогичное распределение: при южном направлении ветра – 109 (23,56%) на 100 000 человек, при северо-западном направлении – 101 (21,83%) на 100 000 человек

* Опорные точки – это точки, в которых измерены значения какого-либо явления, в данном случае, концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе.



Обращения жителей г. Балашихи по поводу посторонних запахов в атмосферном воздухе при разном направлении ветра (на 100 000 человек).

и при северном направлении – 62 (13,4%) на 100 000 человек, или 26,9, 24,9 и 15,3% от общего количества обращений на запах сероводорода.

Анализ обращений на химический запах имел определённые отличия от картины, характерной для общего числа обращений и жалоб на запах сероводорода. Наибольшее количество жалоб регистрировалось при западном направлении ветра – 39 (8,43%) на 100 000 населения, при южном направлении – 22 (4,75%) на 100 000 населения и при северном направлении – 15 (3,24%) на 100 000 населения. На эти направления приходилось соответственно 37,9, 21,4 и 14,6% от общего количества обращений на химический запах.

Количество обращений на запах гари было незначительным – 19. Наибольшее количество таких обращений регистрировалось при северо-западном направлении ветра – 26,3% от общего количества обращений на запах гари.

Временной анализ распределения жалоб показал, что имелись пики числа обращений в определённые дни наблюдения. В целом пиковые уровни обращаемости на запах сероводорода отмечались при ветрах тех же направлений, которые характерны для повышенного общего уровня жалоб на неприятные запахи и интенсивности жалоб на запах сероводорода: при южном, северо-западном и северном направлениях. Обращает на себя внимание наличие пиков и при штилевой погоде. Возможно, это связано с залповыми выбросами или общими неблагоприятными для рассеивания выбросов метеорологическими условиями.

В результате проведённого временного анализа жалоб на наличие неприятного запаха в атмосферном воздухе с учётом регистрируемых направлений ветра, были определены районы предполагаемого размещения источников выбросов загрязняющих веществ, обладающих выраженным ольфакторным эффектом. Ими оказались территории, расположенные в основном к югу, северо-западу и северу (запах сероводорода), к западу и югу (химический запах) от селитебной зоны г.о. Балашиха.

Следующим важным этапом исследования явился анализ данных о реальных концентрациях атмосферных

загрязнений, полученных в результате мониторинга на АСКЗА. Наиболее часто и в наибольшей степени превышения ПДК отмечались по сероводороду, что совпадает с результатами анализа жалоб населения на посторонний запах в атмосферном воздухе, согласно которым преобладающими были жалобы на запах сероводорода. По остальным ингредиентам за весь период наблюдения ни в одной пробе не было превышений нормативов по оксиду азота, аммиаку, озону, взвешенным веществам, метану или имелись единичные случаи. С учётом вышеизложенного дальнейшая разработка проводилась только по сероводороду.

Было установлено, что превышения ПДК по постам распределялись крайне неравномерно. Так, по сероводороду наиболее часто они отмечались на посту «Балашиха-Речная» и составили 26,08% от общего числа проб, отобранных на этом посту. Пробы с превышением ПДК регистрировались преимущественно при южном и юго-восточном направлении ветра. На этом же посту было зарегистрировано максимальное превышение ПДК в 12,1 раза. На АСКЗА «Кожухово» максимальное превышение ПДК составило 7,3 раза, а процент проб с превышением ПДК – 3,2%.

Анализ временных рядов концентраций сероводорода и регистрируемых направлений ветра показал, что возможные источники выбросов расположены к югу, юго-востоку от АСКЗА «Балашиха-Речная», к северо-востоку от АСКЗА «Кожухово». Следует отметить совпадение основных результатов по определению района расположения источников выделения загрязняющих веществ, обладающих выраженным ольфакторным эффектом по результатам пространственного анализа временных рядов распределения жалоб, концентраций сероводорода и направлений ветра для г.о. Балашиха, указывающих на их наличие с юга от селитебной зоны.

В южной части г.о. Балашиха располагаются полигон ТКО и шесть предприятий различного профиля, далее к югу на расстоянии 1,2 км от селитебной зоны – мусоросжигательный завод (МСЗ) и на расстоянии 5,3 км – очистные сооружения для очистки сточных вод. Анализ состава их выбросов показал, что сероводород присутствует в выбросах полигона ТКО, трёх предприятий, МСЗ и очистных сооружений. Однако объём выбросов этого вещества от источников трёх предприятий и МСЗ был незначителен и колебался от 10^{-8} до 0,003 т/г. По результатам расчёта рассеивания было установлено, что зоны превышения ПДК по сероводороду не выходили за пределы их промышленных площадок. Выбросы от очистных сооружений были существенно выше (около 6 т/г), но по данным расчётов рассеивания изолинии превышения ПДК сероводорода не выходят за границу санитарно-защитной зоны (СЗЗ) предприятия и не достигают г.о. Балашиха. Наибольшие выбросы были характерны для полигона ТКО (более 16 т/г). Расчёты рассеивания показали, что превышения ПДК сероводорода, вызванные этими выбросами, достигают селитебной зоны г.о. Балашиха. Таким образом, на основании анализа временных рядов распределения жалоб, концентраций сероводорода и направлений ветра, оценки состава и объёмов выбросов загрязняющих веществ и расчёта рассеивания было доказано, что основным источником выделения загрязняющих веществ, обладающих запахом сероводорода, для г.о. Балашиха является полигон ТКО. Этот вывод подтверждается результатами по АСКЗА «Кожухово», для которого этот полигон располагается с северо-востока, и превышения ПДК по сероводороду на данном посту наблюдались именно при северо-восточном ветре.

Сложнее объяснить жалобы населения, возникающие при северо-западном и северном ветрах. Для значительной части селитебной территории г.о. Балашиха с северо-запада располагается промышленная зона г.о. Реутов. В этой зоне отсутствуют предприятия, выбрасывающие в атмосферный воздух сероводород. Расположенные с севера предприятия также не имеют это вещество в атмосферных выбросах. Можно высказать предположение, что жалобы были связаны с несанкционированным сжиганием мусора в промзоне г.о. Реутов и на свободных территориях северной части г.о. Балашиха после закрытия полигона ТКО.

В атмосферных выбросах предприятий, включённых в анализ, имеются вещества, которые могут вызывать жалобы на химический запах: азота диоксид, серы диоксид, аммиак, фенол, формальдегид, ацетон, бензол, ксилол, толуол. Наибольшие объёмы выбросов приходились на три первые загрязняющие вещества. Наличие жалоб при южном ветре можно связать с той же группой предприятий, которые рассматривались по сероводороду. Наряду с полигоном ТКО существенные объёмы выбросов азота диоксида и серы диоксида были от источников очистных сооружений и МСЗ. С учётом расстояния от предприятий приоритетное значение для г.о. Балашиха имели выбросы полигона ТКО. По результатам расчёта рассеивания они достигали селитебной зоны, но не превышали ПДК. По аммиаку выбросы полигона ТКО составляли почти 1100 т/г, предприятия по производству минеральной ваты – 330 т/г, а для остальных они были значительно ниже. По результатам расчёта рассеивания концентрации аммиака в селитебной зоне не превышали ПДК. При этом вклад выбросов полигона ТКО формировали около 70% от общей приземной концентрации, а предприятия по производству минеральной ваты – 25%.

В отношении источников химического запаха при западном ветре можно высказать предположение, аналогичное сделанному по жалобам населения на запах сероводорода, возникающего при северо-западном ветре. Кроме того, с запада от г.о. Балашиха начинается территория г. Москвы с разветвлённой сетью автомагистралей.

Обсуждение

Полученные результаты показали, что определение возможных источников выбросов в атмосферный воздух вредных загрязняющих веществ, обладающих выраженным ольфакторным эффектом, связано с рядом трудностей. Достаточно точно они могут быть выявлены при наличии жалоб на запах определённого химического вещества (в нашем случае сероводорода). Доказательной базой при этом является совпадение основных результатов по определению района расположения источников выделения сероводорода по результатам пространственного анализа временных рядов распределения жалоб, концентраций сероводорода и направлений ветра. Использование ГИС-технологий позволило провести комплексную обработку информации, послойное наложение атрибутивных данных на картографическую основу, и с учётом атмосферных выбросов сероводорода предприятиями и рассеивания этих выбросов стало возможным определение основного источника при южном направлении ветра. Но при определении источников выделения сероводорода, вызывающего жалобы населения при северо-западном и северном ветрах, возникают неопределённости, связанные с отсутствием предприятий в этих направлениях от селитебной зоны предприятий, имеющих в составе выбросов данное вещество и превышения ПДК на АСКЗА при указанных направлениях ветра.

На наш взгляд, возможны два объяснения этой ситуации: 1) наличие неучтённых источников (несанкционированное сжигание мусора) и 2) возможное наличие временного лага между выбросом и подачей жалобы. Анализ фактических данных, полученных по результатам мониторинга на АСКЗА, показал, что отмечается высокая степень нестабильности результатов не только в течение суток, но в ряде случаев и в течение более коротких промежутков вплоть до одного часа. Обращает на себя внимание тот факт, что резкие колебания концентраций были характерны при превышениях ПДК, – так регистрировались перепады с 6 до 2 ПДК за 1 ч.

Ещё сложнее ситуация сложилась с жалобами более общего характера, в нашем случае – на химический запах. Подобная жалоба может быть вызвана многими веществами и их смесями, которые присутствуют в выбросах предприятий. Кроме того, по результатам мониторинга, ни по одному из перечисленных в статье веществ практически не наблюдалось превышений ПДК на АСКЗА.

Проблема сопоставления результатов лабораторных исследований загрязнения атмосферного воздуха с жалобами населения на неблагоприятные запахи в значительной степени связана с тем, что при обосновании ПДКм.р. для пахучих веществ, как правило, выполняются экспериментальные одориметрические измерения, целью которых является обоснование порога запаха вещества. При этом воздух, загрязнённый изучаемым веществом, предъявляется добровольцам, участвующим в эксперименте, на время не более 10–15 с, в течение которого они должны провести одориметрическую оценку и ответить на вопрос о наличии или отсутствии запаха в предъявляемых пробах воздуха. Статистическая обработка полученного массива ответов сводится к расчёту порога запаха (это концентрация с вероятностью обнаружения запаха 16%), а ПДКм.р. получается путём деления порога на коэффициент запаса [28]. Таким образом, ПДКм.р. обосновывается на 10–15-секундный период осреднения, а максимальная разовая концентрация измеряется за 20–30 мин. В то же время в реальных условиях воздействия может длиться существенно дольше, иметь значительные перепады по интенсивности даже в течение одного часа, запах – усиливаться, ослабляться и даже изменяться при комбинированном действии химических веществ, что было продемонстрировано в фундаментальных исследованиях отечественных и зарубежных физиологов [29].

Из вышесказанного становится понятно, что необходимо проведение натуральных эпидемиологических исследований и совершенствование методических подходов для решения этих вопросов.

Заключение

Предлагаемые подходы к определению источников выбросов в атмосферный воздух вредных загрязняющих веществ, обладающих выраженным ольфакторным эффектом, на основе комплексного анализа временных рядов: жалоб населения, данных о метеоусловиях, результатов определения загрязняющих веществ на АСКЗА; градостроительной ситуации, данных об атмосферных выбросах загрязняющих веществ основных предприятий и расчётах их рассеивания с использованием ГИС-технологий позволяют определить районы расположения этих источников и в ряде случаев приоритетное предприятие.

Дальнейшее развитие методики требует проведения эпидемиологических исследований, опирающихся на базисные концепции доказательной медицины [30, 31].

Л и т е р а т у р а

(п. 3, 7–10, 12–13, 15–18, 25 см. References)

1. Пинигин М.А., Бударина О.В., Сафиулин А.А. Развитие гигиенических основ нормирования и контроля запаха в атмосферном воздухе и пути его гармонизации в атмосферном воздухе. *Гигиена и санитария*. 2012; 5: 72-5.
2. Седусова Э.В., Клейн С.В., Май И.В., Никифорова Н.В. Практика и перспективы доказательств в досудебных и судебных разбирательствах вреда здоровью человека, наносимого загрязнением атмосферного воздуха и воздуха закрытых помещений. *Анализ риска здоровью*. 2015; 4: 13-20.
4. Карелин А.О. Гигиенические основы охраны здоровья населения в связи с действием аэрогенных химических нагрузок в районах с развитой целлюлозно-бумажной промышленностью. *Автореферат дисс. доктора медицинских наук*. Л, 1989.
5. Яценко-Хмелевская М.А., Цибульский В.В., Хитрина Н.Г., Короленко Л.И. Ольфактометрические исследования выбросов запаха на российских предприятиях. *Биосфера*. 2013; 3: 303-10.
6. Цибульский В.В., Яценко-Хмелевская М.А., Хитрина Н.Г., Короленко Л.И. Исследование запаха очистных сооружений. *Экология производства*. 2011; 4: 52-6.
11. Слаутенко Е.Г., Петросян А.А. Гигиеническое обоснование размеров санитарно-защитных зон для свинокомплексов средней мощности с учетом особенностей распространения запахообразующих химических веществ в атмосферном воздухе. *Проблемы здоровья и экологии*. 2018; 1: 98-101.
14. Фомин М.В., Аликбаева Л.А., Луквникова Л.В., Сидорин Г.И., Петрова Н.Н. Гигиеническое обоснование безопасности эксплуатации предприятий по производству поливинилхлорида. *Гигиена и санитария*. 2017; 4: 347-51.
19. Пинигин М.А., Бударина О.В., Тепикина Л.А., Сабирова З.Ф., Федотова Л.А., Сафиулин А.А., Шипулина З.В., Антипова Н.Д., Баева И.В. *Органолептический контроль содержания в атмосферном воздухе веществ, обладающих запахом: методич. рекомендации*. М.: 2011.
20. Цибульский В.В., Яценко-Хмелевская М.А., Хитрина Н.Г., Короленко Л.И., под общим рук. А.Ю. Недре. *Методическое пособие по инвентаризации, нормированию и контролю выбросов запаха*. СПб.: 2012.
21. Чепегин И.В., Андрияшина Т.В. Выбросы пахучих веществ в атмосферу. Проблемы и решения. *Вестник Казанского технологического университета*. 2013; 10: 80-3.
22. Бударина О.В. Актуальные вопросы управления запахом в атмосферном воздухе и пути их решения в современных условиях. *Мир науки, культуры, образования*. 2013; 5 (42): 435-7.
23. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2016 году». М.: Минприроды России; НИИ-Природа; 2017.
24. Карелин А.О., Ломтев А.Ю., Горбанёв С.А., Еремин Г.Б., Новикова Ю.А. Применение географических информационных систем (ГИС) для совершенствования санитарно-эпидемиологического надзора и социально-гигиенического мониторинга. *Гигиена и санитария*. 2017; 7: 620-3. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-7-620-622>
26. Ляпкало А.А., Дементьева А.А., Цурган А.М. Влияние скорости и направления ветра на уровень загрязнения воздуха продуктами сгорания топлива. *Фундаментальные исследования*. 2013; 7(1): 125-129.
27. Айкашев В.Д. Влияние аэрационного режима на уровень загрязнения воздушного бассейна городов. *Архитектура, градостроительство и дизайн*. 2018; 17: 7-11.
28. Авалиани С.Л., Буштуева К.А., Гильденскиольд Р.С., Янышева Н.Я., Кротов Ю.А., Гофмеклер В.А., Журков В.С., Печенникова Е.В., Тепикина Л.А., Фельдман Ю.Г. *Временные методические указания по обоснованию предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест*. М.: Б. и.; 1989.
29. Бронштейн А.И. *Вкус и обоняние*. М.: Издательство Академии наук СССР; 1950.
30. Карелин А. О. Использование принципов доказательной медицины в современных гигиенических исследованиях. *Сборник тезисов II ежегодной конференции с международным участием, посвященной памяти д.м.н. проф. з.д.н. РФ И.В. Полякова, «Реформы здравоохранения Российской Федерации, современное состояние, перспективы развития»*. СПб.; 2015: 67-69.

31. Карелин А.О. Использование методов эпидемиологии окружающей среды для оценки взаимосвязи факторов риска и здоровья населения. *Материалы тринадцатой Евразийской научной конференции «Донозология-2017»*. СПб.; 2017: 47-50.

References

1. Pinigin M.A., Budarina O.V., Safulin A.A. The development of hygienic bases of odour regulation and control in atmospheric air and the ways of its harmonization in atmospheric air. *Gigiena i sanitariya [Hygiene and Sanitation, Russian journal]*. 2012; 5: 72-5. (in Russian)
2. Sedusova E.V., Klein S.V., Mai I.V., Nikiforova N.V. Practice and prospects of evidence in pre-trial and judicial proceedings of harm to human health caused by atmospheric and indoor air pollution. *Analiz riska Zdorov'yu*. 2015; 4: 13-20. (in Russian)
3. Brancher M., Griffiths K.D., Franco D., de Melo Lisboa H. A review of odour impact criteria in selected countries around the world. *Chemosphere*. 2017; 168: 1531-1570. Doi: 10.1016/j.chemosphere.2016.11.160.
4. Karelin A.O. Hygienic bases of public health protection in connection with the effect of aerogenic chemical loads in areas with developed pulp and paper industry. Abstract of Diss. Doctor of Medical sciences. L, 1989. (in Russian)
5. Yatsenko-Khmelevskaya M.A., Tsubul'skii V.V., Khitrina N.G., Korolenko L.I. Olfactometric odor emission studies at Russian enterprises. *Биосфера*. 2013; 3: 303-10. (in Russian)
6. Tsubul'skii V.V., Yatsenko-Khmelevskaya M.A., Khitrina N.G., Korolenko L.I. Study of the odour of sewage treatment plants. *Ekologiya proizvodstva*. 2011; 4: 52-56. (in Russian)
7. Assessment of Community Response to Odorous Emissions. R&D Technical Report P4-095/TR. Environment Agency. 2005. Available at: <https://www.gov.uk/government/publications/assessment-of-community-response-to-odorous-emissions>
8. Blanes-Vidal V. Air pollution from biodegradable wastes and non-specific health symptoms among residents: direct or annoyance-mediated associations? *Chemosphere*. 2015; 120: 371-7. Doi: 10.1016/j.chemosphere.2014.07.089.
9. Long Y., Zhang S., Fang Y., Du Y., Liu W., Fang C., Shen D. Dimethyl sulfide emission behavior from landfill site with air and water control. *Biodegradation*. 2017; 28 (5-6): 327-35. Doi: 10.1007/s10532-017-9799-4.
10. Hooiveld M., van Dijk C., van der Sman-de Beer F., Smit L.A., Vogelaar M., Wouters I.M., Heederik D.J., Yzermans C.J. Odour annoyance in the neighbourhood of livestock farming - perceived health and health care seeking behavior. *Ann Agric Environ Med*. 2015; 22 (1): 55-61. Doi: 10.5604/12321966.1141369.
11. Slautenko E.G., Petrosyan A.A. Hygienic substantiation of the size of sanitary protection zones for medium-capacity pig farms, taking into account the peculiarities of diffusion of odorigenic chemicals in the atmospheric air. *Problemy zdorov'ya i ekologii*. 2018; 1: 98-101. (in Russian)
12. Kenessary D., Kenessary A., Kenessaryev U.I., Juszkiwicz K., Amrin M.K., Erzhanova A.E. Human health cost of hydrogen sulfide air pollution from an oil and gas field. *Ann Agric Environ Med*. 2017; 24 (2): 213-6. Doi: 10.26444/aaem/74562.
13. Atari D.O., Luginaah I.N., Gorey K., Xu X., Fung K. Associations between self-reported odour annoyance and volatile organic compounds in 'Chemical Valley', Sarnia, Ontario. *Environ Monit Assess*. 2013; 185 (6): 4537-49. Doi: 10.1007/s10661-012-2887-3.
14. Fomin M.B., Alikbaeva L.A., Lukvnikova L.V., Sidorin G.I., Petrova N.N. Hygienic substantiation of the safety of operation of enterprises for the production of polyvinyl chloride. *Gigiena i sanitariya [Hygiene and Sanitation, Russian journal]*. 2017; 4: 347 -51. (in Russian)
15. Oiamo T.H., Luginaah I.N., Baxter J. Cumulative effects of noise and odour annoyances on environmental and health related quality of life. *Soc Sci Med*. 2015; 146: 191-203. Doi: 10.1016/j.socscimed.2015.10.043.
16. Odour management in British Columbia: review and recommendations. Final report W05-1108. 2005. Available at: <https://www.for.gov.bc.ca/hfd/library/documents/bib95377.pdf>.
17. EN 13725:2003/AC. Air quality – Determination of odour concentration by dynamic olfactometry. European Committee for Standardization. Available at: <https://infostore.saiglobal.com/preview/is/en/2003/i.s.en13725-2003%2Bac-2006.pdf?sku=658463>
18. VDI Standard: VDI 3940 Blatt. Determination of the hedonic odour tone. Polarity profiles. The Association of German Engineers (VDI). 2010; 44 p. Available at: <https://standards.globalspec.com/std/1252925/vdi-3940-blatt-4>

19. Pinigin M.A., Budarina O.V., Tepikina L.A., Sabirova Z.F., Fedotova L.A., Safulin A.A., Shipulina Z.V., Antipova N.D., Baeva I.V. *Organoleptic control of concentrations of odorigenic chemicals in the atmospheric air: guidelines*. Moscow: 2011. (in Russian)
20. Tsibul'skii V.V. *Procedure manual for inventory, regulation and control of odour emissions*. Yatsenko-Khmelevskaya M.A., Khitrina N.G., Korolenko L.I., under the general guidance of Nedre A.Yu. SPb: 2012. (in Russian)
21. Chepegin I.V., Andriyashina T.V. Emissions of odorous substances into the atmosphere. Problems and Solutions. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*. 2013; 10: 80-3. (in Russian)
22. Budarina O.V. Current issues of odor control in atmospheric air ways for solving them in modern conditions. *Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya*. 2013; 5 (42): 435-7. (in Russian)
23. State report "On the state and environmental protection of Russian Federation in 2016". M.: Minprirody Rossii; NIA-Priroda; 2017. (in Russian)
24. Karelin A.O., Lomtev A.Yu., Gorbanev S.A., Eremin G.B., Novikova Yu.A. Application of geographic information systems (GIS) to improve sanitary and epidemiological surveillance and social-hygienic monitoring. *Gigiena i sanitariya [Hygiene and Sanitation, Russian journal]*. 2017; 7: 620-3. (in Russian)
25. World Health Organization (2003): Methods of assessing of human health vulnerability and public health adaptation to climate change. WHO. Health Canada. UNEF. Available at: http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0009/91098/E81923.pdf?ua=1.
26. Lyapkalo A.A., Dement'eva A.A., Tsurgan A.M. Effect of wind speed and direction on the level of air pollution by combustion products. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2013; 7 (1): 125-9. (in Russian)
27. Aikashev V.D. Impact of aeration regime on the level of urban air pollution. *Arkhitektura, gradostroitel'stvo i dizain*. 2018; 17: 7-11. (in Russian)
28. Avaliani S.L., Bushtueva K.A., Gil'denskiol'd R.S., Yanysheva N.Ya., Krotov Yu.A., Gofmekler V.A., Zhurkov V.S., Pechennikova E.V., Tepikina L.A., Fel'dman Yu.G. Temporary guidelines for substantiation of the maximum allowable concentrations (MAC) of pollutants in the atmospheric air of residential areas. Moscow: B. i.; 1989. (in Russian)
29. Bronshtein A.I. *Taste and Olfaction [Vkus i obonyanie]*. M.: Izdatel'stvo Akademii Nauk. SSSR; 1950. (in Russian)
30. Karelin A. O. Using the principles of evidence-based medicine in current hygienic studies. *Sbornik tezisov II ezhegodnoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, Posvyashchennoi pamyati I.V. Polyakova, «Health care reforms in the Russian Federation, current state, development prospects»*. SPb; 2015: 67-9. (in Russian)
31. Karelin A.O. Using environmental epidemiology methods to assess the relationship between risk factors and public health. *Materialy XIII Evraziiskoi nauchnoi konferentsii "Donozologiya-2017"*. SPb.; 2017: 47-50. (in Russian)