

Бударина О.В., Пинигин М.А., Шипулина З.В., Андрюшин И.Б.

# Гигиеническое обоснование классификации опасности веществ, загрязняющих атмосферный воздух, с учётом «навязчивости» их запаха

ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью»  
Федерального медико-биологического агентства, 119121, г. Москва, Российская Федерация

**Введение.** Расширение подходов к оценке запаха веществ, загрязняющих атмосферный воздух, с внедрением в практику одориметрии (измерение силы, интенсивности запаха) свидетельствует, что существующая классификация ольфакторной опасности пахучих компонентов по «неопределённому» запаху нуждается в актуализации.

**Материал и методы.** Экспериментальные исследования с определением количественного выражения зависимости вероятности ощущения запаха разной силы от концентрации проведены на примере 13 смесей летучих органических веществ на динамическом ольфактометре. Объём ольфакто-одориметрических исследований составил свыше 4600 измерений. Статистический анализ данных проводили с помощью компьютерной программы Probit Analysis (v.4.0).

**Результаты.** На основании проведённых исследований установлено, что чем меньше соотношение концентрации, вызывающей 5% вероятность ощущения запаха силой 3 балла (порог «навязчивости»,  $\text{Lim}_{\text{off.}}$ ), к концентрации, вызывающей 50% вероятность ощущения «неопределённого» запаха (порог обнаружения или порог «неопределённого» запаха,  $\text{Lim}_{\text{indef.}}$ ), тем опаснее вещество в отношении развития «навязчивого» запаха. Предложена новая классификация опасности веществ с учётом «навязчивости» их запаха: чрезвычайно навязчивые ( $\text{Lim}_{\text{off.}}/\text{Lim}_{\text{indef.}} \leq 1,5$ ), навязчивые ( $\text{Lim}_{\text{off.}}/\text{Lim}_{\text{indef.}} \leq 3$ ), умеренно навязчивые ( $\text{Lim}_{\text{off.}}/\text{Lim}_{\text{indef.}} \leq 6$ ), мало навязчивые ( $\text{Lim}_{\text{off.}}/\text{Lim}_{\text{indef.}} > 6$ ).

**Ограничения исследований.** Данное исследование не лишено определённых ограничений, среди которых основными являются использование относительно нового метода, требующего дополнительной апробации; относительно небольшого количества участников исследования; методики предъявления запаховых стимулов и их регистрации.

**Заключение.** Способность пахучих веществ вызывать ощущение «навязчивости» («потенциал раздражения») и, соответственно, класс их опасности зависят от особенностей спектров прямых зависимостей вероятности ощущения запаха разной силы от концентрации на вероятностной (пробитной) сетке и соотношения параметров получаемых зависимостей.

**Ключевые слова:** химические вещества; запах; класс опасности; порог обнаружения; порог «навязчивости»

**Соблюдение этических стандартов.** Исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике или иных документов.

**Для цитирования:** Бударина О.В., Пинигин М.А., Шипулина З.В., Андрюшин И.Б. Гигиеническое обоснование классификации опасных веществ, загрязняющих атмосферный воздух, с учетом «навязчивости» их запаха. *Токсикологический вестник.* 2022; 30(1): 29-37. <https://doi.org/10.47470/0869-7922-2022-30-1-29-37>

**Для корреспонденции:** Андрюшин Илья Борисович, инженер отдела гигиены ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, 119121, г. Москва, Российская Федерация. E-mail: IAndryushin@cspmrz.ru

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

**Финансирование.** Исследование выполнено в рамках государственного задания № 388-00102-20-02.

**Участие авторов:** Бударина О.В. – концепция и дизайн исследования, написание текста, редактирование; Пинигин М.А. – концепция и дизайн исследования, редактирование; Шипулина З.В. – сбор и обработка материала, редактирование; Андрюшин И.Б. – сбор и обработка материала, статистический анализ. Все соавторы – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Поступила в редакцию: 26 апреля 2021 / Принята в печать: 03 февраля 2022 / Опубликовано: 28 февраля 2022

Budarina O.V., Pinigin M.A., Shipulina Z.V., Andryushin I.B.

# Hygienic substantiation of the hazard classification of substances polluting the atmospheric air, taking into account the «offensiveness» of their odour

Federal State Budgetary Institution “Centre for Strategic Planning and Management of Biomedical Health Risks” of the Federal Medical Biological Agency, 119121, Moscow, Russian Federation

**Introduction.** Expansion of approaches to assessing the odour of substances polluting the atmospheric air, with the introduction of odorimetry (measuring the strength, intensity of odour) into practice indicates that the existing classification of the olfactory hazard of odorous components according to the “undefined” odour needs to be updated.

**Materials and methods.** Experimental studies with the definition of a quantitative expression of the dependence of the likelihood of odour detection of different strengths on the concentration were carried out using the example of 13 mixtures of volatile organic substances on a dynamic olfactometer. The volume of olfacto-odorimetric studies was over 4600 measurements. Statistical data analysis was performed using the Probit Analysis computer program (v.4.0).

**Results.** Based on the studies carried out, it was found that the lower the ratio of the concentration causing a 5% probability of detection of odour with a strength of 3 points (threshold of “offensiveness”,  $Lim_{off.}$ ) to the concentration causing a 50% probability of “undefined” odour (detection threshold or the threshold for an “indeterminate” odour,  $Lim_{indef.}$ ), the more dangerous the substance is in relation to the development of an “offensive” odour. A new classification of the hazard of substances is proposed, taking into account the “offensiveness” of their odour: extremely offensive ( $Lim_{off.}/Lim_{indef.} \leq 1.5$ ), offensive ( $Lim_{off.}/Lim_{indef.} \leq 3$ ), moderately offensive ( $Lim_{off.}/Lim_{indef.} \leq 6$ ), slightly offensive ( $Lim_{off.}/Lim_{indef.} > 6$ ).

**Limitations.** This study is not without certain limitations, among which the main ones are the use of a relatively new method that requires additional testing; a relatively small number of study participants; methods for presenting odor stimuli and registering them.

**Conclusion.** The ability of odorous substances to cause a feeling of “offensiveness” (“annoyance potential”), and, accordingly, their hazard class depends on the characteristics of the spectra of graph dependences of the probability of different strengths odour on the concentration on the probabilistic grid and the ratio of the parameters of the resulting dependencies.

**Keywords:** *chemical substances; odour; class of hazard; detection threshold; “offensiveness” threshold*

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

**For citation:** Budarina O.V., Pinigin M.A., Shipulina Z.V., Andryushin I.B. Hygienic substantiation of the hazard classification of substances polluting the atmospheric air, taking into account the “offensiveness” of their odour. *Toksikologicheskiy vestnik (Toxicological Review)*. 2022; 30(1): 29-37. <https://doi.org/10.47470/0869-7922-2022-30-1-29-37> (In Russian)

**For correspondence:** Ilya B. Andryushin, Engineer of Hygiene Department of the Federal State Budgetary Institution “Centre for Strategic Planning and Management of Biomedical Health Risks” of the Federal Medical Biological Agency, 119121, Moscow, Russian Federation. E-mail: [IAndryushin@cspmz.ru](mailto:IAndryushin@cspmz.ru)

**Information about the authors:**

Budarina O.V., <https://orcid.org/0000-0003-4319-7192>

Shipulina Z.V., <https://orcid.org/0000-0001-8409-6713>

Andryushin I.B., <https://orcid.org/0000-0002-5834-678X>

**Author contribution:** *Budarina O.V.* – the concept and design of the study, writing a text, editing; *Pinigin M.A.* – the concept and design of the study, editing; *Shipulina Z.V.* – the collection and processing of the material, editing; *Andryushin I.B.* – the collection and processing of the material, statistical analysis. *All co-authors* – approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article.

**Conflict of interests.** Authors declare no conflict of interest.

**Acknowledgements.** The research was carried out as part of state assignment No. 388-00102-20-02

Accepted: April 26, 2021 / Received: February 03, 2022 / Published: February 28, 2022

## Введение

Приоритет гигиенического нормирования веществ, обладающих запахом, в атмосферном воздухе населённых мест, как и всех загрязняющих веществ, принадлежит академику В.А. Рязанову [1]. Запах, приятный или неприятный, может становиться навязчивым, вызывать чувство раздражения и многочисленные жалобы населения на неудовлетворительное качество атмосферного воздуха, В.А. Рязанов рассматривал запах в качестве важнейшего критерия рефлекторного действия веществ при обосновании их максимальных разовых ПДК (ПДК<sub>м.р.</sub>). Первоначально гигиенические нормативы (ПДК<sub>м.р.</sub>) веществ, обладающих запахом, устанавливались по порогу ощущения запаха наиболее чувствительных лиц [1], затем – на основе вероятностной оценки [2] по 16% порогу «неопределённого» запаха с учётом коэффициентов запаса, определяемых опасностью веществ по углу наклона графика зависимости вероятности ощущения запаха от концентрации: I класс – чрезвычайно опасные вещества с углом наклона более 71°; II класс – опасные вещества с углом наклона 71–62°; III класс – умеренно опасные вещества с углом наклона 61,9–43°; IV класс – мало опасные вещества, угол наклона прямых менее 43° [3–5].

Вместе с тем, очевидно, что ныне существующая классификация веществ по углу наклона прямой зависимости «неопределённого» запаха от концентрации нуждается в актуализации. В настоящее время многие вещества, имеющие резкий неприятный запах (например, меркаптаны), отнесены к мало опасным в отношении развития ольфакторных реакций [5], как и вещества с приятным запахом (лимонен, некоторые сложные эфиры). Остаётся не изученным: какие характеристики запаха могут быть связаны с его качеством (характером) и какие количественные параметры (в соответствии с подходом, принятым в токсикологии) определяют опасность развития «навязчивого» запаха веществ.

Как известно, за рубежом в основе как классификации запахов, так и установления их «примлемых» уровней в атмосферном воздухе лежит так называемый «потенциал раздражения» (то есть способность того или иного запаха вызывать «раздражение», ощущение «навязчивости»), обусловленный его характером и гедоническим тоном (приятность/неприятность запаха) [6–8]. При этом критериями степени «навязчивости» запахов (запахи с высоким, средним или низким потенциалом «раздражения») являются их уров-

ни, при которых возникает «существенное раздражение» – соответственно  $\leq 1,5$ ,  $\leq 3$  и  $\leq 6$  ЕЕЗ\*. Эти критерии были установлены на основе длительных эпидемиологических исследований и поэтому в настоящее время лишь ограниченное число выбросов производств и технологических процессов (очистка сточных вод, переработка нефти, кондитерская фабрика и др.) условно отнесено к той или иной категории [7].

В результате ранее проведенных экспериментальных исследований [9] для пахучих веществ обоснована возможность количественного выражения вероятности ощущения запаха разной силы от концентрации веществ в воздухе с построением спектра прямых на вероятностной (пробитной) сетке и установлением вероятностных порогов обнаружения (запах силой 1 балл), распознавания (запах силой 2 балла) и «навязчивости» (запах силой 3 балла), которые, в соответствии с рекомендациями ВОЗ [10], могут быть использованы в качестве основы для разработки рекомендуемых безопасных величин. Предположение о том, что «навязчивость» запаха должна лежать в основе оценки опасности пахучих веществ послужило основанием для проведения научно-исследовательской работы по гигиеническому обоснованию классификации веществ с разной качественной характеристикой запаха.

## Материал и методы

Экспериментальные исследования с определением количественного выражения зависимости вероятности ощущения запаха разной силы от концентрации пахучих веществ проведены в соответствии с [5, 9, 11]. Исследования осуществлены на динамическом ольфактометре ЕСОМА ТО-8 (Германия).

Изучено 13 смесей летучих веществ (2 образца готовой продукции жидких пищевых ароматизаторов, 2 смеси образцов различных ароматизаторов; 2 смеси компонентов выбросов производства растворимого кофе; одорант СПМ – смесь природных меркаптанов; компоненты выбросов высокотемпературной обработки древесины; компоненты выбросов животноводческой фермы; летучие органические соединения (ЛОС), выделяющиеся при обработке паром мазута; ЛОС, выделяющиеся при сушке соевого и рапсового шрота и при высокотемпературном прессовании рапсовых семян). Исследуемые смеси ароматизаторов и одорант СПМ

\* Европейская единица запаха (ЕЗ, ЕЕЗ или ЕЕЗ/м<sup>3</sup>) – масса вещества в 1 м<sup>3</sup> нейтрального газа (чистого воздуха), запах которой определяется в лабораторных условиях 50% испытуемых. 1 ЕЕЗ эквивалентна 123 мкг н-бутанола в 1 м<sup>3</sup> чистого воздуха.

(ТУ 51-31323949-94-2002) в количестве, достаточном для ольфакто-одориметрической оценки и инструментального определения, были введены микрошприцем в мешок из налофана (объемом 10 л), наполненный чистым воздухом. Смеси летучих органических соединений, входящих в состав выбросов различных производств, отбирались в мешки с помощью электроаспиратора непосредственно из источников.

Объем экспериментальных ольфакто-одориметрических исследований составил свыше 4600 измерений. Статистический анализ данных проводили с помощью компьютерной программы Probit Analysis (v.4.0).

Аналитическое исследование состава воздушной среды мешков осуществлялось с помощью хромато-масс-спектрометра FOCUS GC-DSQ-II в лаборатории физико-химических исследований ФГБУ «НИИ ЭЧиГОС им.А.Н.Сысина» МЗ РФ (в настоящее время ФГБУ «ЦСП» ФМБА России) (руководитель – доктор биол. наук, проф. А.Г.Мальшева). Анализ концентрации одоранта СПМ проведен лабораторией аналитической экотоксикологии Института проблем экологии и эволюции им. А.Н.Северцова РАН на хромато-масс-спектрометрической системе, состоящей из газового хроматографа Trace с масс-спектрометрическим детектором ThermoFinnigan Polaris Q.

## Результаты и обсуждение

Ароматизаторы, применяемые в пищевой промышленности для улучшения вкусовых и запаховых свойств продукции, представляют собой растворы натуральных (в основном различных эфирных масел) и синтетических компонентов в пропиленгликоле, триацетине или этиловом спирте (стандартный ароматизатор включает 10 – 20 компонентов).

В результате проведенной сравнительной органолептической оценки всех представленных образцов готовой продукции для ольфакто-одориметрических исследований были составлены 2 смеси различных ароматизаторов, обладающих наибольшей интенсивностью запаха: смесь № 1 («Дюшес», «Ром», «Ванильно-сливочный», «Молоко топленое», «Вишня», «Лимон») и смесь № 2 («Дюшес», «Ром», «Вишня» и «Лимон»).

Результаты хромато-масс-спектрометрического определения состава смесей в воздушной среде мешков при введении туда смесей жидких ароматизаторов представлены в табл. 1.

Согласно представленным результатам, суммарная масса веществ, содержащихся в воздушной

среде мешков, практически не отличается, однако количество веществ, а также их качественный состав несколько разные. Так, в смеси № 2 больший удельный вес имеют эфиры (63%), чем в смеси № 1 (26%), в то время как спирты составляют только 34,6% по сравнению со смесью № 1 (66,8%, в основном за счет пропиленгликоля); кроме этого, в смеси № 2 отсутствуют альдегиды. Это обуславливает более приятный запах смеси № 2.

Перед проведением ольфакто-одориметрических экспериментальных исследований отобранные испытатели охарактеризовали запах смеси № 1 как карамельно-сливочный, приторный на больших концентрациях, смеси № 2 – как приятный лимонадный, с примесью фруктов.

По результатам ольфакто-одориметрических исследований запаха указанных смесей ароматизаторов проведен графический анализ зависимостей вероятности ощущения запаха разной силы от суммарной концентрации веществ, входящих в состав смеси ароматизаторов (рис. 1 и 2).

В соответствии с графиком, каждая концентрация смеси ароматизаторов была выражена в значениях вероятности обнаружения «неопределенного» (силой 1 балл), «специфического» (силой 2 балла) и «раздражающего» или «навязчивого» запаха (силой 3 балла) (табл. 2 и 3).

Концентрации смесей ароматизаторов, соответствующие 5% ощущению запаха силой 3 балла (порогу «навязчивости» или «раздражения»), выраженному в ЕЕЗ, составляют: для смеси ароматизаторов № 1 – 3,5 ЕЕЗ (0,25 мг/м<sup>3</sup>), смеси ароматизаторов № 2 – 10 ЕЕЗ (0,3 мг/м<sup>3</sup>), что свидетельствует о разной способности этих смесей вызывать «раздражение» («потенциал раздражения»). Как видно из результатов, смесь № 1 вызывает «раздражение» на более низком уровне запаха (в ЕЕЗ), хотя по порогу обнаружения (0,03 мг/м<sup>3</sup>) более пахучей является смесь № 2, а по углу наклона зависимости ощущения «неопределенного» запаха от концентрации (39° и 24°) обе смеси относятся к IV-му классу опасности.

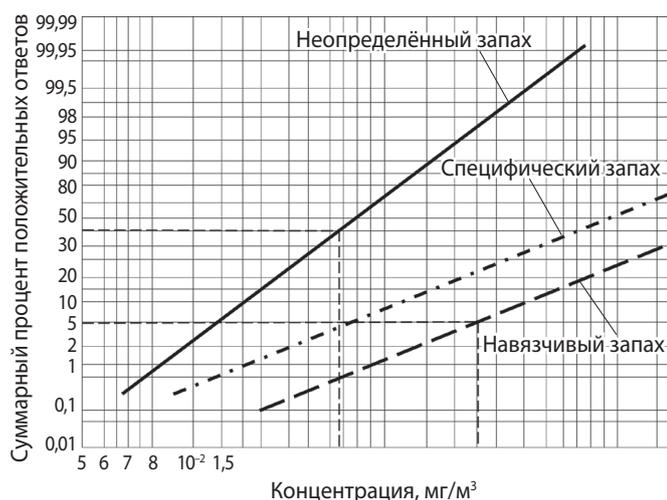
Таким образом, очевидно, что исследуемые смеси ароматизаторов различаются по способности вызывать ощущение «навязчивости», обусловленной «гедоническим тоном» запаха вследствие разного содержания химических веществ в рассматриваемых смесях, в частности более высоким содержанием в смеси № 2 сложных эфиров и меньшим – альдегидов и спиртов.

Изучение одориметрических свойств веществ было продолжено на примере веществ с крайне неприятным запахом – смеси природных меркаптанов (одорант СПМ), которая используется для одоризации природного газа.

Таблица 1 / Table 1

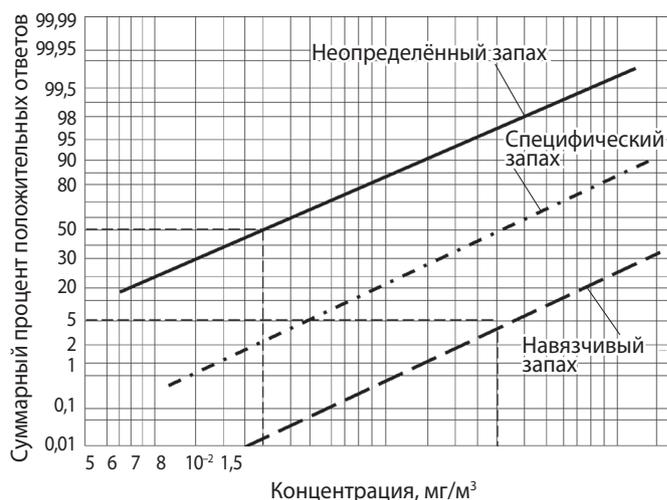
**Органические соединения, обнаруженные в составе смесей жидких ароматизаторов**  
**Organic compounds found in liquid flavor mixtures**

Соединение	Концентрация в воздушной среде мешка, мг/м <sup>3</sup>	
	смесь №1 («Дюшес», «Ром», «Ванильно-сливочный», «Молоко топленое», «Вишня», «Лимон»)	смесь №2 («Дюшес», «Ром», «Вишня», «Лимон»)
<b>Углеводороды:</b>	<b>5,00</b>	<b>2,5</b>
лимонен	5,00	2,5
<b>Кислородсодержащие соединения, в том числе:</b>	<b>109,3</b>	<b>111,3</b>
спирты	<b>76,3</b>	<b>39,4</b>
изоамиловые спирты	7,8	29,4
1,2-пропиленгликоль	68,5	10,0
<b>Альдегиды:</b>	<b>3,3</b>	–
β-цитраль	1,47	–
цитраль	1,78	–
<b>Эфиры:</b>	<b>29,7</b>	<b>71,9</b>
этилацетат	4,7	15,6
этилпропионат	1,8	11,2
этилбутират	3,3	16,5
2- и 3-метилбутилацетаты	15,6	28,6
фенилметилацетат	0,78	–
триацетин	3,51	–
<b>Итого</b>	<b>114,3</b>	<b>113,8</b>



**Рис. 1.** Зависимость вероятности ощущения запаха разной силы от концентраций смеси ароматизаторов № 1 в воздухе.

**Fig. 1.** Dependence of the probability of detection of different strength odour on the concentration of the mixture of flavors No. 1.



**Рис. 2.** Зависимость вероятности ощущения запаха разной силы от концентраций смеси ароматизаторов № 2 в воздухе.

**Fig. 2.** Dependence of the probability of detection of different strength odour on the concentration of the mixture of flavors No.2 in the air.

Таблица 2 / Table 2

**Зависимость вероятности ощущения запаха смеси ароматизаторов № 1 разной силы от суммарной концентрации веществ, входящих в состав смеси**

**Dependence of the probability of detection of different strength odour of the mixture of flavors No. 1 on the total concentration of substances included in the mixture**

Концентрация		Вероятность ощущения запаха разной силы, %		
мг/м <sup>3</sup>	ЕЕЗ*	«неопределённый»	«специфический»	«навязчивый»
0,07	1	50	6	0,5
0,11	1,5	75	10	1
0,14	2	87	15	2
0,21	3	96	22	4
0,28	4	99	30	6
0,35	5	99,5	35	8
0,42	6	99,7	40	10
0,49	7	99,95	47	12
0,56	8	99,97	50	15

Примечание. Здесь и в табл. 3: \* ЕЕЗ – европейская единица запаха.

Таблица 3 / Table 3

**Зависимость вероятности ощущения запаха смеси ароматизаторов № 2 разной силы от суммарной концентрации веществ, входящих в состав смеси**

**Dependence of the probability of detection of different strength odour of the mixture of flavors No. 2 on the total concentration of substances included in the mixture**

Концентрация		Вероятность ощущения запаха разной силы, %		
мг/м <sup>3</sup>	ЕЕЗ	«неопределённый»	«специфический»	«навязчивый»
0,03	1	50	2	0,03
0,045	1,5	63	5	0,1
0,06	2	70	7	0,2
0,09	3	81	14	0,5
0,12	4	86	20	1
0,15	5	91	26	1,5
0,18	6	93	33	2
0,21	7	94	37	3
0,24	8	95	42	4
0,27	9	96	48	4,5
0,3	10	97	50	5
0,33	11	97,5	53	6
0,36	12	97,8	56	7
0,39	13	98	59	8
0,42	14	98,2	60	9
0,45	15	98,5	62	10

Таблица 4 / Table 4

**Качественный и количественный состав смеси природных меркаптанов (одоранта СПМ)**  
**Qualitative and quantitative composition of the mixture of natural mercaptans**

Компонент	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	
	в мешке (20 мкл)	в мешке для ольфактометрии (определено расчётным путем)
Метилмеркаптан	5,1	0,034
Этилмеркаптан	387,6	2,584
Изопропилмеркаптан	704,46	4,7
Пропилмеркаптан	137,7	0,92
2-Бутантиол	260,1	1,73
н-Бутантиол	32,3	0,22
Изоамилмеркаптан	27,2	0,18
Диэтилдисульфид	23,8	0,16
Циклогексилмеркаптан	11,9	0,08
Этилизопропилдисульфид	42,5	0,28
Диизопропилдисульфид	27,2	0,18
Пропилизопропилдисульфид	11,9	0,08
Втор-бутилэтилдисульфид	6,8	0,045
Этилбутилдисульфид	6,8	0,045
Пропилбутилдисульфид	8,5	0,057

Результаты хромато-масс-спектрометрического определения воздушной среды мешка с введённой туда смесью природных меркаптанов представлены в табл. 4.

Согласно результатам проведенных инструментальных исследований, в весовом отношении наибольший вклад в суммарную концентрацию веществ вносили изопропилмеркаптан, этилмеркаптан и 2-бутантиол, на долю которых приходится соответственно 42, 23 и 15% массы всех веществ.

При проведении ольфакто-одориметрических исследований испытатели охарактеризовали запах смеси как запах бытового газа с примесью гнилого лука.

По результатам исследований смеси природных меркаптанов проведён графический анализ зависимости вероятности ощущения запаха разной силы от концентрации одоранта СПМ (в пересчёте на этилмеркаптан), выраженной в мг/м<sup>3</sup> и в единицах запаха (табл. 5 и рис. 3).

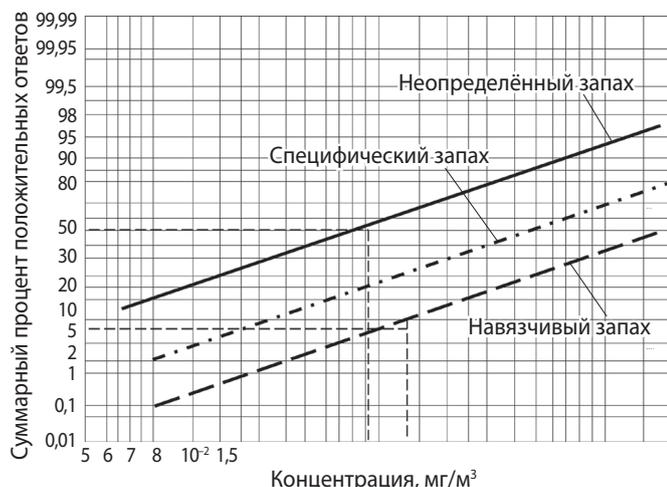
При построении на вероятностной (пробитной) сетке зависимости вероятности ощущения запаха разной силы от концентрации этого запаха получены прямые с углом наклона к оси абсцисс (концентрации, мг/м<sup>3</sup>), равные 18–19°.

Согласно графическому анализу, порогом обнаружения запаха одоранта СПМ явилась его

Таблица 5 / Table 5

**Зависимость вероятности ощущения запаха разной силы от концентрации одоранта СПМ (в пересчёте на этилмеркаптан)****Dependence of the probability of detection of different strength odour on the concentration of the mixture of natural mercaptans (in terms of ethyl mercaptan)**

Концентрация этилмеркаптана, входящего в состав СПМ		Вероятность ощущения запаха разной силы, %		
мг/м <sup>3</sup>	ЕЕЗ	«неопределённый»	«специфический»	«навязчивый»
0,009	1	50	13	3
0,014	1,5	62	20	6
0,018	2	68	25	8
0,027	3	76	32	10
0,036	4	82	40	13
0,045	5	85	45	15
0,054	6	87	49	18
0,063	7	90	52	20

**Рис. 3.** Зависимость вероятности ощущения запаха СПМ разной силы от концентраций в воздухе.**Fig. 3.** Dependence of the probability of detection of different strength odour on the concentration of the mixture of natural mercaptans in the air.

концентрация 0,009 мг/м<sup>3</sup> (1 ЕЕЗ), «навязчивости» — 0,012 мг/м<sup>3</sup> (1,3 ЕЕЗ).

Таким образом, полученные в условиях эксперимента зависимости «концентрация — вероятность ощущения запаха разной силы» для ароматизаторов, применяемых в пищевой промышленности, и одоранта СПМ показали, что соотношения параметров этих зависимостей не одинаковы для веществ с разной качественной характеристикой запаха. Так, из 50% лиц, кото-

Таблица 6 / Table 6

**Классификация веществ с учётом «навязчивости» их запаха**  
**Classification of substances with considering the «offensiveness» of their odour**

Класс опасности	Соотношение $Lim_{off.} / Lim_{indef.}$ (порог «навязчивого» запаха / порог «неопределённого» запаха)*
1-й (чрезвычайно навязчивые)	$\leq 1,5$
2-й (навязчивые)	$\leq 3$
3-й (умеренно навязчивые)	$\leq 6$
4-й (малонавязчивые)	$> 6$

*Примечание.* \* соотношение  $Lim_{off.} / Lim_{indef.}$  в условиях эксперимента эквивалентно порогу «навязчивости», выраженному в единицах запаха.

рые ощутили запах смеси ароматизаторов № 2 на уровне порога обнаружения (0,03 мг/м<sup>3</sup>), только 2% воспринимают эту концентрацию как 2 балла и практически никто (0,02%) — как 3 балла; в то же время запах смеси СПМ на уровне 50% ощущения (0,009 мг/м<sup>3</sup>) воспринимают как 2 балла уже 13% испытуемых, как 3 балла — 3%. Указанные различия обусловлены в первую очередь разной степенью сдвига прямых зависимостей «концентрация — вероятность ощущения запаха разной силы» относительно друг друга.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют, что способность рассматриваемых смесей вызывать «навязчивый» запах (или запах силой 3 балла) существенно различается, то есть переход от порогового запаха к «навязчивому» будет определять их ольфакторную опасность. В частности, для достижения порога «навязчивости» запаха смеси СПМ достаточно незначительно увеличить (в 1,3 раза) пороговый уровень её запаха; в то же время для пищевых ароматизаторов требуется почти 10-кратное увеличение порогового уровня ощущения, чтобы 5% участников исследования ощутили «навязчивый» запах.

Между тем, согласно ныне существующей классификации по углу наклона графика зависимости вероятности «неопределённого» запаха от концентрации [5], рассматриваемые смеси веществ с абсолютно разной качественной характеристикой запаха и обладающие различной способностью вызывать ощущение «навязчивости» отнесены к одному (IV) классу опасности.

Таблица 7 / Table 7

**Классификация опасности смесей пахучих веществ по действующей классификации  
и с учётом «навязчивости» их запаха**  
**Classification of the hazard of mixtures of odorous substances according to the current classification  
and with considering the «offensiveness» of their odour**

Вещество	Угол наклона «неопределённого» запаха	Класс опасности по действующей классификации	Lim <sub>off.</sub> /Lim <sub>indef.</sub>	Класс опасности по «навязчивому» запаху
Смесь природных меркаптанов	18°	4	1,3	1
ЛОС, выделяющиеся при сушке соевого шрота	38°	4	1,6	2
ЛОС, выделяющиеся при обработке паром мазута	31°	4	2	2
ЛОС, содержащиеся в выбросах животноводческой фермы	38°	4	2,3	2
ЛОС, выделяющиеся при обжарке кофе «Арабика»	30°	4	3,4	3
Смесь ароматизаторов («Дюшес», «Ром», «Ванильно-сливочный», «Молоко топленое», «Вишня», «Лимон»)	39°	4	3,6	3
Ароматизатор «Ванильно-сливочный»	28°	4	3,8	3
ЛОС, выделяющиеся при высокотемпературном прессовании семян рапса	22°	4	4	3
ЛОС, выделяющиеся при сушке рапсового шрота	15°	4	5,8	3
ЛОС, выделяющиеся при высокотемпературной обработке древесины	39°	4	5,8	3
Ароматизатор «Клюква»	33°	4	6,2	4
ЛОС, выделяющиеся при обжарке кофе «Робуста»	31°	4	7,3	4
Смесь ароматизаторов («Дюшес», «Ром», «Лимон», «Вишня»)	24°	4	9,3	4

На основании анализа данных зарубежной литературы по классификации веществ с учётом «потенциала раздражения» [6–8] и результатов собственных исследований 13 смесей пахучих веществ установлено, что чем меньше соотношение концентрации, вызывающей 5% вероятность ощущения запаха силой 3 балла (порог «навязчивого» запаха, Lim<sub>off.</sub>), к концентрации, вызывающей 50% вероятность ощущения «неопределённого» запаха (порог обнаружения, порог «неопределённого» запаха, Lim<sub>indef.</sub>), тем опаснее вещество в отношении развития «навязчивого» запаха.

С учётом зарубежных критериев оценки степени «навязчивости» и экспериментально определённых количественных параметров зависимостей вероятности ощущения запаха разной силы от концентрации предложена классификация опасности веществ с учётом «навязчивости» их запаха (табл. 6).

В табл. 7 показано, как изменится классификация опасности исследованных смесей веществ с учетом «навязчивости» запаха по сравнению с действующей на сегодняшний день классификацией

по углу наклона «неопределённого» запаха.

Согласно табл. 7 вещества (смеси веществ), которые по действующей на сегодняшний день классификации по углу наклона «неопределённого» запаха (<43°) относились к одному классу опасности, по критерию «навязчивости» (или «потенциалу раздражения» в соответствии с международным подходом) будут относиться к разным классам, что свидетельствует об их различной способности вызывать «раздражение», «ощущение навязчивости».

**Ограничения исследований.** Данное исследование не лишено определенных ограничений, среди которых основными являются использование относительно нового метода, требующего дополнительной апробации; относительно небольшого количества участников исследования; методики предъявления запаховых стимулов и их регистрации.

### Заключение

Проведенные исследования показали, что специфика (характер, гедонический тон) запаха отдельных веществ и их смесей находят своё

отражение в особенностях построения спектров прямых зависимостей вероятности ощущения запаха разной силы от концентрации на вероятностной (пробитной) сетке и соотношения параметров указанных зависимостей. Согласно полу-

ченным результатам, чем меньше соотношение порога «навязчивости» к порогу обнаружения запаха, тем опаснее вещество по критерию «навязчивости» (или «потенциалу раздражения» в соответствии с международным подходом).

## ЛИТЕРАТУРА

(пп. 6–8 см. в References)

1. Рязанов В.А. Санитарная охрана атмосферного воздуха. М.: Медгиз; 1954.
2. Тепикина Л.А. К методике вероятностной оценки порога обонятельного ощущения. Сборник научных трудов. Гигиенические аспекты охраны окружающей среды. М.: Институт общей и коммунальной гигиены им. А.Н. Сысина. 1974; 45-7.
3. Андреещева Н.Г., Пинигин М.А. Обоснование максимально разовых ПДК атмосферных загрязнителей по их вероятностным порогам запаха, классам опасности и коэффициентам запаса. Сборник научных трудов. Гигиенические аспекты охраны окружающей среды. М.: Институт общей и коммунальной гигиены им. А.Н.Сысина. 1978; 75-6.
4. Пинигин М.А. Гигиеническое регулирование и контроль загрязнения атмосферы в России с учётом запаха, а также пути гармонизации в этой области. Международная конференция «Актуальные вопросы оценки и регулирования запаха» [Международ-
5. Временные методические указания по обоснованию предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населённых мест № 4681-88. МЗ СССР. М.: 1989.
9. Бударина О.В., Пинигин М.А., Федотова Л.А., Сабирова З.Ф., Потапченко Т.Д. Современные методические подходы к экспериментальному обоснованию допустимого содержания в атмосферном воздухе веществ, обладающих запахом. Токсикологический вестник. 2017; (4): 34-9.
10. Рекомендации по качеству воздуха в Европе. Второе издание. М.: 2004. Доступно: <https://www.euro.who.int/ru/publications/abstracts/air-quality-guidelines-for-europe>
11. Европейский стандарт. «CEN (2003). Air quality – Determination of odour concentration by dynamic olfactometry. EN 13725:2003», European committee for standardization. Доступно: <https://s.siteapi.org/b1502e229a03ef7.ru/docs/djvkf84k1t4owwco0cwocco4oco8ww>

## REFERENCES

1. Ryazanov V.A. Sanitary protection of atmospheric air [Sanitarnaya okhrana atmosfernogo vozdukh]. Moscow; 1954; 268 (in Russian)
2. Tepikina L.A. Collection of scientific papers. Hygienic aspects of environmental protection [Sbornik nauchnykh trudov. Gigenicheskie aspekty ohrany okruzhayushchej sredy]. Moscow: IOKG im. A.N. Sysina; 1974; (2): 45-7. (in Russian)
3. Andreecheva N.G., Pinigin M.A. Substantiation of the maximum single MPC of atmospheric pollutants by their probabilistic odor thresholds, hazard classes and safety factors. Collection of scientific papers. Hygienic aspects of environmental protection [Sbornik nauchnykh trudov. Gigenicheskie aspekty ohrany okruzhayushchej sredy]. Moscow: IOKG im. A.N. Sysina. 1978; (6): 75-6. (in Russian)
4. Pinigin M.A. Hygienic regulation and control of atmospheric pollution in Russia taking into account odor, as well as ways of harmonization in this area. International Conference "Topical issues of odor assessment and regulation" [Mezhdunarodnaya konferenciya «Aktual'nye voprosy ocenki i regulirovaniya zapaha»]. Moscow; 2006; 30-40. (in Russian)
5. Temporary guidelines for the substantiation of maximum permissible concentrations (MPC) of pollutants in the atmospheric air of populated areas № 4681-88. [Vremennye metodicheskie ukazaniya po obosnovaniyu predelno dopustimyykh kontsentratsiy zagryaznyushchikh veshchestv v atmosfernom vozdukh naseleennykh mest № 4681-88]. Moscow: MZ SSSR; 1989. (in Russian)
6. Assessment of community response to odorous emissions. R&D Technical report P4-095/TR, undertaken for the Environment Agency by OdourNet UK Ltd, – 2002. Available at: [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/290405/sp4-095-tr-e-e.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/290405/sp4-095-tr-e-e.pdf) (accessed 5 February 2021).
7. Horizontal Guidance for Odour. Part 1 – Regulation and Permitting - Part 2: Assessment and Control. Draft. IPPC H4. Available at: [https://www.sinia.cl/1292/articles-55482\\_UKEPA\\_2002\\_IPPC\\_H4.pdf](https://www.sinia.cl/1292/articles-55482_UKEPA_2002_IPPC_H4.pdf) (accessed 15 February 2021).
8. Brancher M., David Griffiths K., Franco D., De Melo Lisboa H. A review of odour impact criteria in selected countries around the world. Chemosphere. 2016; 168(11): 1532-70.
9. Budarina O.V., Pinigin M.A., Fedotova L.A., Sabirova Z.F., Potapchenko T.D. Modern methodological approaches to the experimental substantiation of the permissible content of substances with odor in the atmospheric air. Toksikologicheskij vestnik. 2017; (4): 34-9. (in Russian)
10. Air quality guidelines for Europe. Second edition. Moscow; 2004. Available at: <https://www.euro.who.int/ru/publications/abstracts/air-quality-guidelines-for-europe> (in Russian) (accessed 24 January 2021).
11. Evropejskij standart «CEN (2003). Air quality – Determination of odour concentration by dynamic olfactometry. EN 13725:2003», European committee for standardization. Available at: <https://s.siteapi.org/b1502e229a03ef7.ru/docs/djvkf84k1t4owwco0cwocco4oco8ww> (accessed 15 February 2021).

## ОБ АВТОРАХ:

**Бударина Ольга Викторовна (Budarina Olga Viktorovna)**, доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник отдела гигиены ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, г. Москва, [OBudarina@cspmtz.ru](mailto:OBudarina@cspmtz.ru)

**Пинигин Мигмар Александрович (Pinigin Migmar Aleksandrovich)**, доктор медицинских наук, профессор, ведущий научный сотрудник отдела гигиены ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, г. Москва, [MPinigin@cspmtz.ru](mailto:MPinigin@cspmtz.ru)

**Шипулина Зинаида Викторовна (Shipulina Zinaida Viktorovna)**, научный сотрудник отдела гигиены ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, г. Москва, [ZShipulina@cspmtz.ru](mailto:ZShipulina@cspmtz.ru)

**Андрюшин Илья Борисович (Andryushin Ilya Borisovich)**, инженер отдела гигиены ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, г. Москва, [IAndryushin@cspmtz.ru](mailto:IAndryushin@cspmtz.ru)

