

# ОБОСНОВАНИЕ МАКСИМАЛЬНЫХ РАЗОВЫХ ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ 1-МЕТИЛ-4- ИЗОПРОПЕНИЛЦИКЛОГЕКСЕНА-1 (ЛИМОНЕН), 3,7,7-ТРИМЕТИЛБИЦИКЛО[4.1.0] ГЕПТ-2-ЕНА (3-КАРЕН) И 2,2-ДИМЕТИЛ-3- МЕТИЛЕНБИЦИКЛО[2.2.1] ГЕПТАНА (КАМФЕН) В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ

О.В. Бударина,  
Л.А. Федотова,  
З.В. Шипулина,  
Т.Д. Потапченко

Федеральное  
государственное  
бюджетное учреждение  
«Центр стратегического  
планирования и  
управления медико-  
биологическими  
рисками здоровью»  
(ФГБУ «ЦСП» Минздрава  
России) Министерства  
Здравоохранения  
Российской Федерации,  
119121, г. Москва,  
Российская Федерация

**В** настоящей работе представлены результаты экспериментальных исследований по обоснованию максимальных разовых предельно допустимых концентраций (ПДК<sub>м.р.</sub>) 1-метил-4-изопропенилциклогексена-1 (лимонен); 3,7,7-триметилбицикло[4.1.0]гепт-2-ена (3-карен); 2,2-диметил-3-метиленилбицикло[2.2.1]гептана (камфен) в атмосферном воздухе городских и сельских поселений. Исследования выполнены в соответствии с ныне действующей методологией определения порогов запаха веществ с использованием современного ольфактометрического оборудования (динамического ольфактометра) и высокочувствительных методов идентификации химических компонентов (хромато-масс-спектрометрии). Согласно полученным результатам, в качестве гигиенических нормативов в атмосферном воздухе населенных мест были рекомендованы максимальные разовые ПДК: лимонен – 0,08 мг/м<sup>3</sup> (класс опасности 4); 3-карен – 0,2 мг/м<sup>3</sup> (класс опасности 4); камфен – 0,3 мг/м<sup>3</sup> (класс опасности 3); лимитирующий показатель вредности для всех веществ – рефлекторный. Для контроля содержания указанных веществ разработана методика измерений массовой концентрации  $\alpha$ -пинена,  $\beta$ -пинена, камфена, 3-карена, лимонена в атмосферном воздухе методом хромато-масс-спектрометрии, которая аттестована в соответствии с ГОСТ Р 8.563-2009 и ГОСТ Р ИСО 5725-2002.

**Ключевые слова:** максимальная разовая предельно допустимая концентрация, лимонен, камфен, 3-карен, порог запаха, ольфакто-одориметрические исследования.

Цит.: О.В. Бударина, Л.А. Федотова, З.В. Шипулина, Т.Д. Потапченко. Обоснование максимальных разовых предельно допустимых концентраций 1-метил-4-изопропенилциклогексена-1 (лимонен), 3,7,7-триметилбицикло[4.1.0]гепт-2-ена (3-карен) и 2,2-диметил-3-метиленилбицикло[2.2.1]гептана (камфен) в атмосферном воздухе. Токсикологический вестник. 2020; 1: 39-44.

**Бударина Ольга Викторовна (Budarina Olga Viktorovna)**, кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник отдела гигиены окружающей среды ФГБУ «ЦСП» Минздрава России, [vozduch2002@mail.ru](mailto:vozduch2002@mail.ru)

**Федотова Лионелла Айдыновна (Fedotova Lionella Aidinovna)**, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отдела гигиены окружающей среды ФГБУ «ЦСП» Минздрава России; [fedotov2003@mail.ru](mailto:fedotov2003@mail.ru)

**Шипулина Зинаида Викторовна (Shipulina Zinaida Victorovna)**, научный сотрудник отдела гигиены окружающей среды ФГБУ «ЦСП» Минздрава России, [vozduch2002@mail.ru](mailto:vozduch2002@mail.ru)

**Потапченко Тимур Дмитриевич (Potapchenko Timur Dmitrievich)**, младший научный сотрудник отдела гигиены окружающей среды ФГБУ «ЦСП» Минздрава России, [timurpotapchenko@mail.ru](mailto:timurpotapchenko@mail.ru)

**Введение.** Вещества 1-метил-4-изопропенилциклогексен-1 (далее – лимонен), 3,7,7-триметилбицикло[4.1.0]гепт-2-ен (далее – 3-карен), 2,2-диметил-3-метиленбицикло[2.2.1]гептан (далее – камфен) относятся к группе терпенов. Содержатся во многих эфирных маслах и в скипидаре, применяются в химической промышленности, для получения душистых веществ и ароматизаторов, инсектицидов, акрилатов, терпенфеноловых смол, как растворители лаков и др.

Лимонен – химическое название по IUPAC 1-метил-4-изопропенилциклогексен-1; синонимы: 1,8-п-ментadiен;  $C_{10}H_{16}$ ; CAS: 138-86-3, хорошо растворим в этаноле, неполярных органических растворителях, не растворяется в пропиленгликоле, глицерине, воде.

3-карен – химическое название по IUPAC 3,7,7-триметилбицикло[4,1,0]гепт-3-ен; синонимы: изодипрен, 4,7,7-Триметил-3-норкарен;  $\Delta$ (sup 3)-карен;  $C_{10}H_{16}$ ; CAS: 13466-78-9. Растворим в органических растворителях, слабо растворим в этаноле, нерастворим в воде.

Камфен – химическое название по IUPAC 2,2-диметил-3-метиленбицикло[2,2,1]гептан; синонимы: (2,2-диметил-3-метиленнорборнан);  $C_{10}H_{16}$ ; CAS: 79-92-5. Хорошо растворим в диэтиловом эфире и бензоле, хуже в этаноле, нерастворим в воде.

До настоящего времени для лимонена гигиенические нормативы в атмосферном воздухе отсутствовали. Согласно ГН 2.1.6.2309-07, для 2-х соединений (3-карен и камфен) ранее были разработаны и утверждены ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ): для 3-карена –  $0,2 \text{ мг/м}^3$ ; для камфена –  $2,4 \text{ мг/м}^3$  [1]. Анализ материалов секции «Гигиена атмосферного воздуха» [2-4] показал, что на сегодняшний день имеются все основания ставить вопрос о пересмотре этих нормативов. Отметим, что критерием нормирования 3-карена являлся порог определения запаха в воде. ОБУВ камфена ( $2,4 \text{ мг/м}^3$ ) был установлен в ольфактометрических исследованиях в 1988 г., при этом неизвестно, как определялась концентрация вещества в эксперименте, но можно полагать, что это был неспецифический метод с низкой чувствительностью [3].

Усовершенствование методики ольфактометрических исследований с установлением вероятностных порогов ощущения запаха в атмосферном воздухе, наличие современного ольфактометрического оборудования и чувствительных методов определения веществ обуславливает не только пересмотр ныне действующих нормативов, но и перевод их в ранг предельно допустимых концентраций. Следует отметить, что в связи с разработкой и утверждением в настоящее время ПДКм.р. летучих органических соединений, образующихся при высокотемператур-

ной обработке древесины производства ДСП (по терпеновым углеводородам) на уровне  $0,05 \text{ мг/м}^3$ , разработана хромато-масс-спектрометрическая методика измерений массовой концентрации  $\alpha$ -пинена,  $\beta$ -пинена, камфена, 3-карена, лимонена и расчета их суммарной массовой концентрации в атмосферном воздухе [5]. Указанный норматив обоснован для выбросов, в которых, помимо терпеновых углеводородов, содержится большое количество других пахучих органических веществ (до 100 наименований и более), образующих смесь, которая может изменять характеристику запаха отдельных веществ, в частности, рассматриваемых терпенов. Поэтому, для камфена, 3-карена и лимонена должны быть разработаны индивидуальные гигиенические нормативы, особенно учитывая то, что они являются весьма распространенными в атмосферном воздухе, часто присутствуют в выбросах различных производств (пищевой, косметической и других отраслей промышленности), а также могут быть природно-обусловленными.

Результаты проведенных ранее исследований [2, 4] показали, что терпеновые углеводороды по параметрам острой токсичности относятся к малоопасным веществам (4 класс опасности), обладающими умеренно выраженным раздражающим действием на слизистые оболочки. При этом, согласно литературным данным [6], признаки раздражения верхних дыхательных путей, выявленные, в частности, у работающих с эфирными маслами, возникают при концентрациях, которые на несколько порядков больше концентраций, вызывающих изменения со стороны обонятельного анализатора. Поэтому гигиенические нормативы в атмосферном воздухе рассматриваемых веществ должны быть установлены прежде всего на основе ольфакторного действия.

*Целью нашей работы* явилось обоснование максимальных разовых предельно допустимых концентраций лимонена, 3-карена и камфена в атмосферном воздухе городских и сельских поселений.

**Материалы и методы исследования.** Проведение экспериментальных ольфакто-одориметрических исследований лимонена, 3-карена и камфена осуществлялось в соответствии с [7-12] на динамическом ольфактометре ЕСОМА Т08 (Германия).

Принцип работы ольфактометра ЕСОМА Т08 заключается в том, что вещество из специального налофанового мешка, подсоединенного к ольфактометру, с помощью системы разбавления пробы чистым воздухом, поступает к нюхательному порту для оценки испытуемыми. В соответствии с Европейским стандартом EN 13725 [11], во избежание адаптации испытуемых к запаху в процессе ольфакто-одориметрических иссле-

дований, эксперимент начинается с неощутимых концентраций, что достигается путем первоначального максимального разбавления исследуемой пробы. Каждое последующее 2-х кратное повышение концентраций обеспечивается прецизионным автоматическим 2-кратным увеличением разведения очередной порции исследуемой пробы. Динамический ольфактометр обеспечивает возможность разведения пробы от 64 тысяч до 2-х раз.

Программа измерений включает 3 раунда, каждый из которых состоит из 3-х последовательных предъявлений серий концентраций (продолжительность каждой серии 2 – 2,5 мин., интервал между сериями – не менее 15 мин.), интервалы между раундами составляют от 60 до 120 минут. Вся программа контролируется компьютером и выполняется автоматически. Возможность проведения процедуры одновременно для нескольких испытуемых позволяет свести к минимуму продолжительность последовательных измерений. Для разведения образцов с исследуемым веществом использован сжатый воздух из безмасляного компрессора после фильтрации, охлаждения, высушивания и очищения активированным углем.

Как принято в зарубежной практике, в исследованиях участвуют лица, ольфакторная чувствительность которых отличается большим постоянством и меньшей вариабельностью, чем чувствительность всего населения. С целью отбора этих испытуемых были проведены ольфактометрические исследования с эталонным веществом (н-бутанолом, CAS: 71-36-3) с высокой степенью очистки (99,9%). В результате эксперимента была сформирована группа в количестве 8-ми человек, отвечающих критериям отбора в соответствии с EN 13725.

Для оценки ольфакторного действия были взяты следующие вещества: камфен (содержание основного вещества – 95%), 3-карен (содержание основного вещества – 90%), лимонен (содержание основного вещества – 97%).

Каждое вещество, кроме камфена, микрошприцем было введено в заполненный чистым воздухом мешок из налофана в количестве 6-10 мкл и проанализировано с помощью хро-

мо-масс-спектрометрического метода. Камфен (твердое вещество), после взвешивания (92,7 мг), также был помещен в мешок из налофана и, по истечении времени возгонки и образования газовой смеси, проанализирован. Химико-аналитические исследования по количественному определению терпеновых соединений, содержащихся в воздушной среде мешка, выполнены в лаборатории физико-химических исследований ФГБУ «ЦСП» Минздрава. Анализ проведен с использованием метрологически аттестованного оборудования: хромато-масс-спектрометра Focus GC с DSQ II (США).

В ходе эксперимента каждому испытуемому несколько раз предъявлялась серия из 8-10 концентраций (разведений) исследуемых веществ. С каждым ощущением запаха испытуемыми должна быть нажата кнопка «да, есть запах», при этом одновременно ими велась запись об интенсивности ощущаемого запаха. Предъявление концентраций испытуемым сочеталось с предъявлениями чистого воздуха в соответствии с заложенной программой подач разведений (в каждой серии концентраций было 2 предъявления чистого воздуха). В конце каждого раунда испытуемые делали запись о характере запаха. Общее количество ольфакто-одориметрических определений составило 1533. Статистический анализ данных проводили с помощью компьютерной программы Probit Analysis (v.4.0).

**Результаты и обсуждение.** Результаты инструментального определения терпеновых соединений в воздушной среде мешков показаны в таблице 1.

Перед проведением ольфакто-одориметрических исследований вся группа испытуемых была ознакомлена с запахом вышеперечисленных веществ; при этом испытуемые охарактеризовали его как смолистый, хвойный (3-карен); запах мастики, эфирный (камфен); запах лайма-лимона (лимонен).

По результатам ольфакто-одориметрических исследований терпеновых соединений проведен анализ зависимости вероятности ощущения запаха указанных веществ от их концентрации в воздухе (табл. 2-4)

Аналитическая обработка данных эксперимен-

Таблица 1

Концентрация терпеновых соединений в воздушной среде мешков

Терпен	Площадь пика, бке · 10 <sup>-6</sup>	Масса терпена в пробе, мкг	Объем пробы, мл Приготовленная	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>		(Срасчет/Спригот)
				Рассчитан по калибровке		
камфен	31943	5,15	40	8807	129	1,5
3-карен	27681	4,46	30	999	149	14,9
лимонен	25208	4,07	30	1077	136	12,6

Таблица 2

**Зависимость вероятности ощущения запаха лимонена от его концентрации в воздухе**

Концентрация лимонена, мг/м <sup>3</sup>	Сумма предъявлений	Число положительных ответов	Процент положительных ответов
0,07	27	1	3,7%
0,13	27	6	22,2%
0,26	27	17	62,9%
0,53	27	20	74,1%
1,06	27	27	100%
2,13	27	26	96,3%
4,25	27	27	100%
8,5	27	27	100%
17,0	27	27	100%

Таблица 3

**Зависимость вероятности ощущения запаха камфена от его концентрации в воздухе**

Концентрация камфена, мг/м <sup>3</sup>	Сумма предъявлений	Число положительных ответов	Процент положительных ответов
0,5	27	4	14,8%
1,0	27	12	44,4%
2,0	27	24	88,8%
4,0	27	27	100%
8,1	27	27	100%
16,1	27	27	100%

Таблица 4

**Зависимость вероятности ощущения запаха 3-карена от его концентрации в воздухе**

Концентрация 3-карена, мг/м <sup>3</sup>	Сумма предъявлений	Число положительных ответов	Процент положительных ответов
0,3	27	3	11,1%
0,6	27	10	37,0%
1,2	27	24	88,8%
2,3	27	26	96,3%
4,7	27	27	100%
9,3	27	27	100%
18,6	27	27	100%



та показала, что зависимости вероятности ощущения запаха изученных веществ от их концентрации описываются формулами:

$$y = 1,3747 + 2,370 \cdot x \text{ (лимонен);}$$

$$y = 0,6604 + 3,764 \cdot x \text{ (3-карен);}$$

$$y = -0,0136 + 3,747 \cdot x \text{ (камфен),}$$

где:  $x$  – lg концентрации, мг/м<sup>3</sup>,

$y$  – эффект в пробитах.

Вычисленный 16%-ный вероятностный порог ощущения запаха (ЕС16) на основе вышеприведенных формул составил 0,12 мг/м<sup>3</sup> (лимонен); 0,363 мг/м<sup>3</sup> (3-карен); 0,547 мг/м<sup>3</sup> (камфен).

Согласно [10], в соответствии с 16%-ным порогом ощущения запаха и коэффициентом запаса, равным 2 (3-карен и камфен) и 1,5 (лимонен), максимальные разовые ПДК составили: лимонен – 0,08 мг/м<sup>3</sup> (класс опасности 4); 3-карен – 0,2 мг/м<sup>3</sup> (класс опасности 4); камфен – 0,3 мг/м<sup>3</sup> (класс опасности 3); лимитирующий показатель вредности для всех веществ – рефлекторный.

Полученные результаты продемонстрировали, что гигиенические нормативы для индивидуальных веществ, установленные по порогам их запаха, могут существенно отличаться от порогов ощущения запаха этих же веществ, находящихся в составе сложной смеси. Так, ПДКм.р. летучих органических соединений, образующихся при высокотемпературной обработке древесины производства ДСП, установлена на уровне 0,05 мг/м<sup>3</sup>, причем по сумме приоритетных веществ – рассматриваемых в данной работе терпенов, а также  $\alpha$ - и  $\beta$ -пиненов. При этом индивидуальные ПДК для этих веществ находятся на более высоком уровне 0,2 – 0,6 мг/м<sup>3</sup> [13], и только для самого пахучего вещества – лимонена – на уровне сотых (0,08) мг/м<sup>3</sup>. По всей вероятности, эту разницу можно объяснить комбинированным действием веществ в многокомпонентной смеси, характер которого неизвестен.

Проведенные исследования также показали, что разработанная ПДК на 3-карен (0,2 мг/м<sup>3</sup>) со-

ответствует нормативу (ОБУВ), установленному ранее по порогу запаха в воде [2], однако новый норматив на камфен (0,3 мг/м<sup>3</sup>) существенно отличается от разработанного в 1988 г. [4], где, по-видимому, использовался неспецифический метод определения веществ с низкой чувствительностью.

**Заключение.** В соответствии с вышеизложенным, в качестве гигиенических нормативов в атмосферном воздухе городских и сельских поселений были рекомендованы максимальные разовые ПДК: лимонен – 0,08 мг/м<sup>3</sup> (класс опасности 4); 3-карен – 0,2 мг/м<sup>3</sup> (класс опасности 4); камфен – 0,3 мг/м<sup>3</sup> (класс опасности 3); лимитирующий показатель вредности для всех веществ – рефлекторный.

Максимальные разовые ПДК камфена, 3-карена и лимонена в атмосферном воздухе утверждены Постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 31.05.2018 № 37 «Изменения в гигиенические нормативы ГН 2.1.6.3492-17 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений» [14].

Для контроля содержания камфена, 3-карена и лимонена разработана методика измерений массовой концентрации  $\alpha$ -пинена,  $\beta$ -пинена, камфена, 3-карена, лимонена и расчета их суммарной массовой концентрации при определении содержания летучих органических соединений, образующихся при высокотемпературной обработке древесины производства ДСП, в атмосферном воздухе методом хромато-масс-спектрометрии, которая аттестована в соответствии с ГОСТ Р 8.563-2009 «Государственная система обеспечения единства измерений. Методики (методы) измерений», ГОСТ Р ИСО 5725-2002 «Точность (правильность и прецизионность) оценки и результатов измерений» №205-31/RA.RU.311787-2016/2016 от 02.09.2016г.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГН 2.1.6.2309-07 Атмосферный воздух и воздух закрытых помещений, санитарная охрана воздуха. Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. Гигиенические нормативы (утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 19.12.2007 №92) (ред. от 21.10.2016).
2. Материалы по обоснованию ОБУВ приоритетных летучих компонентов пыли табачного производства (альфа-пинена; 3-карена; соланона; оксозофорона; салицилальдегида). НИИЭЧиГОС им.А.Н.Сысина РАМН – Архив секции «Гигиена атмосферного воздуха». – Рукопись. М.; 2006.
3. Материалы по обоснованию ПДК скипидара в атмосферном воздухе. НИИОиКГ им.А.Н.Сысина АМН СССР – Архив секции «Гигиена атмосферного воздуха». – Рукопись. М.; 1978.
4. Материалы по обоснованию ориентировочного безопасного уровня воздействия камфена в атмосферном воздухе. НИИОиКГ им.А.Н.Сысина АМН СССР – Архив секции «Гигиена атмосферного воздуха». – Рукопись. М.; 1988.
5. Бударина О.В., Пинигин М.А., Федотова Л.А., Сабирова З.Ф., Шипулина З.В. Обоснование максимальной разовой предельно допустимой концентрации летучих органических соединений, образующихся при высокотемпературной обработке древесины производства ДСП, в атмосферном воздухе населенных мест. Токсикологический вестник. 2017; 6: 42-7.
6. Вредные органические вещества. Природные органические соединения: издание справочно-энциклопедического типа. Т.7 / ред. В.А. Филова, Ю.И. Музейчук, В.А. Ивин. – СПб.: Изд-во СПХФА: НПО Мир и Семья-95, 1998.
7. Теликина Л.А. К методике вероятностной ПДК атмосферных загрязнителей по их вероятностным порогам запаха, классам опасности и коэффициентам запаса. В сб.: Гигиенические аспекты охраны окружающей среды. М., ИОКГ им. А.Н.Сысина. 1974; 2: 45-7.
8. Андреева Н.Г., Пинигин М.А. Обоснование максимально разовых ПДК атмосферных загрязнителей по их вероятностным порогам запаха, классам опасности и коэффициентам запаса. В сб.: Гигиенические аспекты охраны окружающей среды. М., ИОКГ им. А.Н.Сысина. 1978; 6: 75-6.
9. Бударина О.В., Пинигин М.А., Федотова Л.А., Сабирова З.Ф., Потапенко Т.Д. Современные методические подходы к экспериментальному обоснованию допустимого содержания в атмосферном воздухе веществ, обладающих запахом. Токсикологический вестник. 2017; 4: 34-9.
10. Временные методические указания по обоснованию предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест, №4681-88, МЗ СССР, М., 1989.
11. Европейский стандарт «CEN (2003). Air quality – Determination of odour concentration by dynamic olfactometry. EN 13725:2003», European committee for standardisation.
12. Маннебек Д. Определение уровня запаха. Ольфактометрическое оборудование. В сб. докладов международной конференции «Актуальные вопросы оценки и регулирования запаха».

ЗАО «Лиггетт-Дукат». 4 октября 2006г. Москва. 124-145.

13. Бударина О.В., Федотова Л.А., Шипулина З.В., Потапченко Т.Д.

Токсичность 4,6,6-триметилбicyclo[3.1.1]

гепт-3-ен ( $\alpha$ -пинен) и 6,6-диметил-2-метилбicyclo[3.1.1]гептан ( $\beta$ -пинен).

Токсикологический вестник. 2018; 5(152): 49-52.

14. Постановление Главного

государственного санитарного врача Российской Федерации от 31.05.2018

№37 «Изменения в гигиенические нормативы ГН 2.1.6.3492-17 «Предельно допустимые концентрации (ПДК)

загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений».

Available at: <https://www.law.ru/npd/doc/docid/550415449/modid/99>.

## REFERENCES:

1. Hygiene norms GN 2.1.6.2309-07 Atmospheric air and air of the closed rooms, sanitary protection of air. Tentative Safe Exposure Levels (TSEL) of pollutants in the atmospheric air of populated areas. Hygienic standards (Resolution of the Chief state sanitary doctor of the Russian Federation of 19.12.2007 No. 92) (ed. of 21.10.2016) (in Russian).

2. Materials on justification of TSEL of priority volatile components of tobacco production dust ( $\alpha$ -pinene; 3-carene; solanone; oxoisopforone; salicylaldehyde). NIEChiGOS im.A.N.Sysina RAMN – Archive of the Section «Air hygiene». – Manuscript. M.; 2006 (in Russian).

3. Materials on justification of MPC of turpentine in atmospheric air. NIOiKG im.A.N.Sysina AMN SSSR – Archive of the Section «Air hygiene». – Manuscript. M.; 1978 (in Russian).

4. Materials on justification of tentative safe

exposure levels of camphene exposure in atmospheric air. NIOiKG im.A.N.Sysina AMN SSSR – Archive of the Section «Air hygiene». – Manuscript. M.; 1988 (in Russian).

5. Budarina O.V., Pinigin M.A., Fedotova L.A., Sabirova Z.F., Shipulina Z.V. Substantiation of the maximum one-time permissible concentration of volatile organic compounds formed during high-temperature processing of wood production in the atmospheric air of settlements. Toxicological Review. 2017; 6: 42-7 (in Russian).

6. Harmful organic substances. Natural organic compounds: publication of reference and encyclopedic type. T.7 / red. V.A. Filov, Yu.I. Musijchuk, V.A. Ivin. – SPb.: Izd-vo SPHFA: NPO Mir i Sem'ya-95, 1998 (in Russian).

7. Tepikina L.A. On the method of probabilistic estimation of olfactory sensation threshold. Hygienic aspects of environmental protection. M., IOKG im. A.N.Sysina; 1974; 2: 45-7 (in Russian).

8. Andreesheva N.G., Pinigin M.A. Justification of the maximum single MPC of atmospheric pollutants by their probabilistic thresholds of smell, hazard classes and safety factors. Hygienic aspects of environmental protection. M., IOKG im.A.N.Sysina, 1978; 6: 75-6 (in Russian).

9. Budarina O.V., Pinigin M.A., Fedotova L.A., Sabirova Z.F., Potapchenko T.D. Modern methodological approaches to the experimental justification of the permissible content of substances with odor in the atmospheric air. Toxicological Review. 2017; 4: 34-9 (in Russian).

10. Temporary guidelines for justification of maximum permissible concentrations (MPC) of pollutants in the air of populated areas. №4681-88, MZ USSR, M., 1989 (in Russian).

11. European standard «CEN (2003). Air quality – Determination of odour concentration by dynamic olfactometry. EN 13725:2003», European committee for standardisation.

12. Mannebek D. Determination of the level of smell. Olfactometric equipment. Collection of reports of the international conference "Current issues of smell assessment and regulation". M.: Liggett-Ducat, 2006, Pp. 124-145 (in Russian).

13. Budarina O.V., Fedotova L.A., Shipulina Z.V., Potapchenko T.D. Toxicity of 4,6,6-trimethylbicyclo[3.1.1]hept-3-ene ( $\alpha$ -pinene) and 6,6-dimethyl-2-methylbicyclo[3.1.1]heptane ( $\beta$ -pinene). Toxicological Review. 2018; 5(152): 49-52 (in Russian).

14. Resolution of the Chief state sanitary doctor of the Russian Federation of 31.05.2018 No. 37 "Changes in hygienic standards GN 2.1.6.3492-17 "Maximum permissible concentrations (MPC) of pollutants in the atmospheric air of urban and rural settlements". Available at: <https://www.law.ru/npd/doc/docid/550415449/modid/99>.

*O.V. Budarina, L.A. Fedotova, Z.V. Shipulina, T.D. Potapchenko*

## JUSTIFICATION OF MAXIMUM SINGLE ALLOWABLE CONCENTRATIONS OF 1-METHYL-4-ISOPROPENYLCYCLOHEX-1-ENE (LIMONENE), 3,7,7-TRIMETHYLBICYCLO[4.1.0]HEPT-2-ENE (3-CARENE) AND 2,2-DIMETHYL-3-METHYLENEBICYCLO[2.2.1]HEPTANE (CAMPHENE) IN AMBIENT AIR

Centre for Strategic Planning and Management of Medical and Biological Health Risks, Ministry of Health of the Russian Federation, 119121, Moscow, Russian Federation

This paper presents the results of the experimental studies on justification of the maximum single allowable concentrations (MAC) of 1-methyl-4-isopropenylcyclohex-1-ene (limonene), 3,7,7-trimethylbicyclo[4.1.0]hept-2-ene (3-carene), and 2,2-dimethyl-3-methylenebicyclo[2.2.1]heptane (camphene) in the air of urban and rural settlements. The research has been carried out in accordance with the current methodology for determining the odor thresholds of substances using modern olfactometric equipment (dynamic olfactometer) and highly sensitive methods for identifying chemical components (chromatography-mass spectrometry). According to the results obtained, the recommended maximum single allowable concentrations in the atmospheric air of urban and rural settlements are 0,08 mg/m<sup>3</sup> (hazard class 4) for limonene; 0,2 mg/m<sup>3</sup> (hazard class 4) for 3-carene; 0,3 mg/m<sup>3</sup> (hazard class 3) for camphene; the limiting indicator of harmfulness for all substances is reflex. An analytical method based on chromatography-mass spectrometry and certified in accordance with GOST R 8.563-2009 and GOST R ISO 5725-2002 has been developed to control the concentrations of  $\alpha$ -pinene,  $\beta$ -pinene, camphene, 3-carene, and limonene in the atmospheric air of urban and rural settlements.

**Keywords:** maximum single allowable concentration, limonene, camphene, 3-carene, odor threshold, olfactometric studies.

Quote: O.V. Budarina, L.A. Fedotova, Z.V. Shipulina, T.D. Potapchenko. Justification of maximum single allowable concentrations of 1-methyl-4-isopropenylcyclohex-1-ene (limonene), 3,7,7-trimethylbicyclo[4.1.0]hept-2-ene (3-carene) and 2,2-dimethyl-3-methylenebicyclo[2.2.1]-heptane (camphene) in ambient air. Toxicological Review. 2020; 1: 39-44.

Переработанный материал поступил в редакцию 27.11.2019 г.

