

DOI: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2021-61-8-497-502>

© Капцов В.А., Чиркин А.В., 2021

УДК 614.894.29 + 613.632

Капцов В.А.¹, Чиркин А.В.²**Совершенствование работоспособности фильтрующих средств индивидуальной защиты органов дыхания**¹ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт гигиены транспорта» Роспотребнадзора, Пакгаузное шоссе, 1/1, Москва, Россия, 125438;²ООО «Бета ПРО», 4-я Кабельная ул., 6А, Москва, Россия, 111024

Введение. Для адекватной защиты работников от газообразных загрязнений воздушной среды с помощью фильтрующих средств индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) необходимо периодически заменять в них фильтры. **Цель исследования** — анализ методов контроля работоспособности фильтрующих средств индивидуальной защиты органов дыхания работников.

Материалы и методы. В настоящее время широко используют субъективную реакцию обоняния человека на увеличение концентрации газа под маской. Проведено сравнение этой практики с доступной научной информацией о субъективной способности людей обнаруживать газы.

Результаты. Проанализированы требования к замене фильтров СИЗОД в законодательстве зарубежных стран. Установлено, что для большинства вредных веществ нет доступных сведений о порогах восприятия запаха (раздражителя), а имеющиеся данные показывают высокую вероятность превышения порогов восприятия запаха над предельно допустимыми концентрациями вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Причиной этого могут быть отсутствие запаха у вещества, снижения остроты обоняния из-за привыкания к нему, отвлечение внимания, низкая индивидуальная чувствительность и др. Сложившийся на практике подход приводит к запоздалой замене части фильтров и, как следствие, к ухудшению профессионального здоровья работников.

Выводы. Сформулированы рекомендации по мерам совершенствования работоспособности фильтрующих СИЗОД, проведение которых необходимо для улучшения защиты персонала.

Ключевые слова: вредные химические вещества; средства защиты органов дыхания; противогазовый фильтр; индикатор окончания срока службы фильтра; профессиональное здоровье

Для цитирования: Капцов В.А., Чиркин А.В. Совершенствование работоспособности фильтрующих средств индивидуальной защиты органов дыхания. *Мед. труда и пром. экол.* 2021; 61(8): 497–502. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2021-61-8-497-502>

Для корреспонденции: Капцов Валерий Александрович, заведующий отделом гигиены труда ФГУП «Всероссийский НИИ гигиены транспорта» Роспотребнадзора, д-р мед. наук, проф., член-корреспондент РАН. E-mail: kapcovva39@mail.ru

Благодарности: Авторы выражают благодарность д-р. мед. наук, профессору Иванову И.В. за помощь в редактировании статьи.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Дата поступления: 26.01.2021 / Дата принятия к печати: 08.09.2021 / Дата публикации: 30.09.2021

Valery A. Kaptsov¹, Alexander V. Chirkin²**Improving the performance of filters for personal respiratory protection**¹All-Russian Research Institute Hygiene of Transport, 1/1, Pakgauznoye Highway, Moscow, Russia, 125438;²LTD "Beta PRO", 6A, 4-ya Kabelnaya str., Moscow, Russia, 111024

Introduction. To adequately protect workers from gaseous air pollution using air purifying respiratory protective devices (RPD), it is necessary to periodically replace filters.

The aim of the study was the analyze the methods of monitoring the performance of workers' RPD.

Materials and methods. Nowadays the subjective reaction of smell to an increase in the concentration of gas in the mask is widely used. This practice is compared with the available scientific information on the subjective ability of humans to detect gases.

Results. The requirements for filter replacement in the legislation of foreign countries are analyzed. It has been established that for most hazardous substances there is no available information on the thresholds of odor (irritant) perception, and the available data show a high probability of exceeding the odor perception thresholds over the maximum permissible concentrations of hazardous substances in the working area. for getting used to it, distraction of attention, low individual sensitivity, etc. The existing approach in Russia leads to the belated replacement of part of the filters and, as a consequence, to the deterioration of the professional health of workers.

Conclusion. Recommendations are formulated on the measures, the implementation of which is necessary to improve the protection of personnel used air purifying RPD.

Keywords: harmful chemical substances; Respiratory Protective Devices (RPD); cartridge; End of Service Life Indicator (ESLI); professional health

For citation: Kaptsov V.A., Chirkin A.V. Improving the performance of filters for personal respiratory protection. *Med. truda i prom. ecol.* 2021; 61(8): 497–502. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2021-61-8-497-502>

For correspondence: Valery A. Kaptsov — head of occupational health department, Dr. of Sci. (Med.), Professor, corresponding member of RAS. E-mail: kapcovva39@mail.ru

Information about the authors: Kaptsov V.A. <https://orcid.org/0000-0002-3130-2592>

Chirkin A.V. <https://orcid.org/0000-0003-3661-8323>

Funding. The study had no funding.

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

Received: 26.01.2021 / Accepted: 08.09.2021 / Published: 30.09.2021

Введение. Средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) являются последним препятствием, защищающим работника от вдыхания вредных химических веществ (ВХВ), важность их правильного выбора и применения трудно переоценить. Но в России, в отличие от зарубежных стран, отсутствуют конкретные требования к выбору и применению СИЗОД¹, а есть лишь общие требования охраны труда. В Трудовом кодексе² регламентировано, чтобы СИЗ соответствовали требованиям охраны труда, а работник должен быть обучен их применению (без уточнения о необходимости своевременной замены фильтра).

В настоящее время разработаны предельно допустимые концентрации вредных химических веществ в рабочей зоне для более, чем 2,5 тысяч веществ, из них более 1,1 тысячи могут находиться в воздухе в виде газа. К ним можно добавить 148 газов, для которых обоснованы ориентировочно безопасные уровни воздействия (ОБУВ). Для подавляющего большинства ВХВ нет доступных сведений о порогах восприятия запаха (раздражения), а имеющиеся показывают, что люди, в результате индивидуальных особенностей, реагируют на запахи вещества при очень разных концентрациях, в том числе значительно превышающих ПДК. Из 240 веществ, для которых есть данные о порогах и ПДК, у более 170 максимальные пороги выше ПДК. Большинство веществ, у которых нет превышений, мало изучены (5 исследований), а при таком небольшом числе исследований возможность превышения порога над ПДК может недооцениваться.

Если средства коллективной защиты не смогли снизить загрязнённость воздуха до 1 ПДК и ниже, работодатель должен обеспечить работников СИЗОД за свой счёт. Они должны соответствовать требованиям охраны труда и требованиям Технического регламента³.

В широко используемых фильтрующих СИЗОД — лёгких, дешёвых, не ограничивающих перемещение, загрязнённый воздух пропускается через фильтр с сорбентом. Срок службы любого фильтра ограничен, и он должен заменяться своевременно. Зарубежные авторы используют термин: «срок службы» (*service life*): период времени, в течение которого при использовании СИЗОД на рабочем месте загрязнённость очищенного воздуха ниже ПДК. Для оценки срока службы рекомендуют использовать реакцию работника на запах⁴ — или ничего не советуют.

Цель исследования — проведение анализа методов контроля работоспособности фильтрующих средств индивидуальной защиты органов дыхания работников.

Материалы и методы. Для оценки методов контроля работоспособности фильтрующих средств индивидуальной защиты органов дыхания работников был использован расчетно-аналитический метод. Проанализированы источники зарубежной и отечественной литерату-

ры, в том числе работы *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)*, *Occupational Health and Safety Administration (OSHA)*, *Taylor & Francis*, требования национального законодательства (регламентирующего выбор и применение СИЗОД работодателем) в развитых странах.

Результаты и обсуждение. Важным аспектом безопасности использования СИЗОД является своевременная замена фильтра. Это необходимо, чтобы работник мог успеть покинуть рабочее место до превышения концентрации ВХВ выше ПДК.

Одним из вариантов контроля работоспособности фильтра является реакция работника на появление плохо очищенного воздуха в маске и субъективное обнаружение им ВХВ при концентрации ниже 1 ПДК⁵ для своевременной замены фильтрующего элемента.

Первый этап исследования. На первом этапе исследования проведено сравнение ПДК и концентраций, при которых работники реагируют на ВХВ по критерию раздражения слизистой оболочки органов дыхания и глаз, а также по порогу восприятия запаха.

Сведений о порогах раздражающего действия воздушных загрязнений на глаза и/или органы дыхания крайне мало [1–4] и они не всегда точны [5]. Недостаток информации побудил разработать математическую модель для их предсказания на основе свойств веществ [2, 3].

Данные по порогам раздражения (и запаха), и сравнение с ПДК для более, чем 150 веществ систематизированы [6]. Подробные сведения о порогах восприятия запаха 295 разных веществ и групп веществ, из которых для примерно 240 разработаны ПДК, приведены в сборнике [7]. Некоторые вещества изучались в десятках независимых исследований, другие лишь в одном. В первом случае обращает на себя внимание то, что измеренные значения могут отличаться на несколько порядков (*Рис. 1*). Отличие вызвано тем, что на результат может влиять: методика измерений, свойства вещества, подбор испытателей и другие обстоятельства. Результат очень сильно зависит от индивидуальных особенностей участника исследования. По оценкам [8] порог у одного и того же человека может изменяться на три порядка.

На обнаружение вредных веществ могут влиять сосредоточенность внимания и привыкание к нему (адаптация) у работника. Так установлено, что отвлечение внимания повышает концентрацию, при которой половина людей обнаруживает этилмеркаптан и тиофан, примерно в 30 раз [9]. При воздействии стирола на работников у них повысился порог восприятия вредного запаха в среднем в 32 раза по сравнению с контролем [10].

В *таблице 1* приведены максимальные опубликованные пороги у веществ, изученных не менее чем в 25 независимых исследованиях [7]. Использование максимальных значений даёт более правильное представление о риске не обнаружить газ при опасной концентрации, чем средний результат. Так, для толуола (35 исследований) порог составил в среднем 99 мг/м³, при максимально разовой и среднесменной ПДК 150/50 мг/м³, однако максимальное значение достигало 1000 мг/м³. Для справки даны пороги из Руководства по выбору фильтров (ЗМ, 2018), в котором советуют менять

⁵ СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и(или) безвредности для человека факторов среды обитания.

¹ Анализ риска здоровью, 2020; (4), <https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.4.21>

² Статьи 219 и 225 Трудового Кодекса. Available at: URL: <https://www.zakonrf.info/tk/219/> <https://www.zakonrf.info/tk/225/> (Accessed 05 March 2021).

³ Технический регламент ТР ТС 019/2011 «О безопасности средств индивидуальной защиты» Available at: <http://docs.cntd.ru/document/902320567> (Accessed 05 March 2021).

⁴ Руководство по выбору фильтров. ЗМ, 2018. Available at: <https://multimedia.3m.com/mws/media/1725386O/filter-selection-guide.pdf> Accessed 05 March 2021).

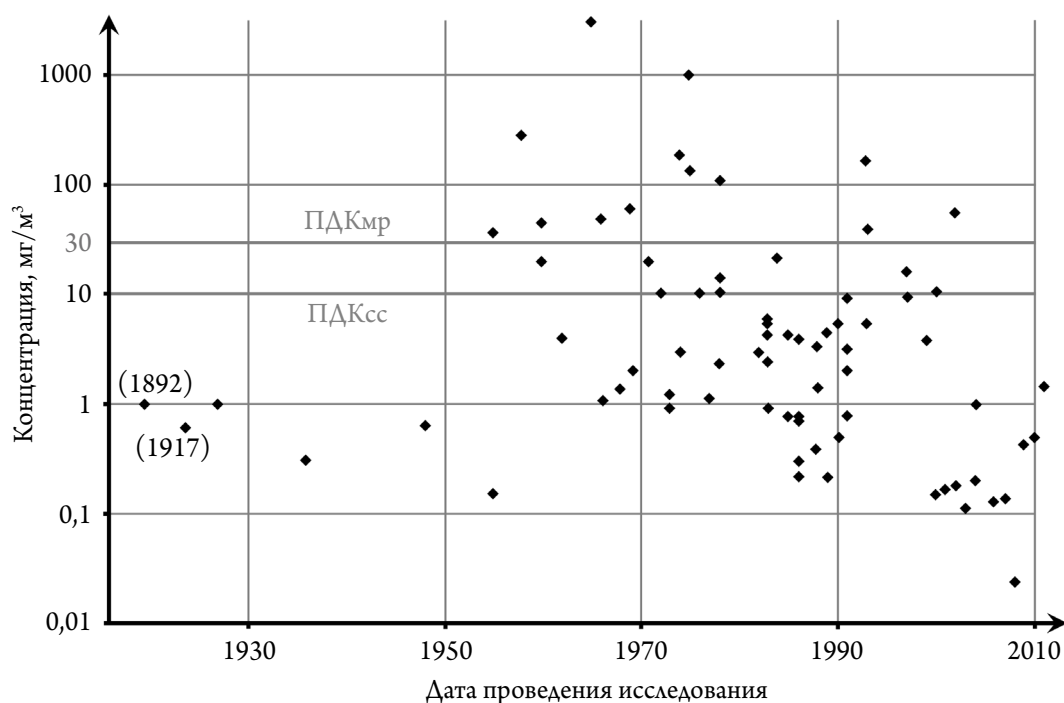


Рисунок. Опубликованные пороги восприятия запаха н-бутанола [7]; его среднесменная и максимально разовая ПДК.

Figure. The published summary data on the thresholds of perception of the odor of N-butanol [7]; its average shift and maximum one-time PELs.

фильтры «по обнаружении запаха...», если порог ниже ПДК.

Особенностями доступных данных о чувствительности органа обоняния является то, что при проведении большинства исследований привлекались отобранные участники с нормальной или хорошей чувствительностью органа обоняния, а также то, что внимание участников не

отвлекалось. Отвлечение внимания может в десятки раз увеличить концентрацию, при которой люди обычно обнаруживают вещество.

При работе в загрязнённой атмосфере может происходить сильное снижение чувствительности к ВХВ из-за привыкания (адаптации) органа обоняния. Адаптация проявляется в виде временного быстрого повышения

Таблица 1 / Table 1

Сравнение среднесменной и максимальной разовой ПДК с порогами восприятия запаха ВХВ у человека.
The comparisons of the maximum permissible concentration of harmful chemicals in the working area and odor thresholds for chemical substances.

№ CAS ¹	Вещество	n ²	ПДК, мг/м ³		Пороги, мг/м ³		
			СС ³	МР ⁴	[3М, 2018] ⁵	[7] ⁶	
						1	2
71-36-3	Бутан-1-ол	83	10	30	0,1	3000	1000
110-86-1	Пиридин	40	—	5	0,28	40	10
108-88-3	Толуол	37	50	150	0,613	1000	590
64-19-7	Уксусная кислота	34	—	5	0,04	500	25
67-64-1	Ацетон	34	200	800	11,7	27900	1000
108-95-2	Фенол	28	0,3	1	0,043	20	7,5
71-43-2	Бензол	26	5	15	29,7	1000	510
123-86-4	Бутилацетат	26	50	200	0,033	1750	1570
141-78-6	Этилацетат	26	50	200	2,23	1120	1030

Примечания: ¹ CAS (англ. CAS registry number) — регистрационный номер уникальный численный идентификатор химических соединений, полимеров, биологических последовательностей нуклеотидов или аминокислот, смесей и сплавов; ² n — число исследований; ³ СС — среднесменная, ⁴ МР — максимально разовая; ⁵ [3М, 2018] — пороги чувствительности [Руководство по выбору фильтров, 2018]; ⁶ — два значения максимальных порогов восприятия запаха ВХВ.

Notes: ¹ CAS — registration number is a unique numerical identifier of chemical compounds, polymers, biological sequences of nucleotides or amino acids, mixtures and alloys; ² n is the number of studies; ³ СС — medium shift, ⁴ МР maximum one-time; ⁵ [3М, 2018] — sensitivity thresholds [Guide to the selection of filters, 2018]; ⁶ — two values of the maximum thresholds for the perception of the smell of harmful chemicals.

Таблица 2 / Table 2

Сравнение среднесменной и максимальной разовой ПДК с порогами восприятия запаха у человека веществ, обнаруживаемых датчиками при концентрации менее 1 ПДК

The maximum permissible concentration of harmful chemicals in the working area and odor thresholds for chemical substances, that may be detected with commercial available sensors at concentrations below 1 maximum permissible concentration of harmful chemicals in the working area

Вещество	n ¹	ПДК, мг/м ³		Пороги, мг/м ³		
				[ЗМ, 2018] ⁴	Максимальные [7] ⁵	
		СС ²	МР ³		1	2
Муравьиная кислота	12	—	1	53,9	453	450
Формальдегид	18	—	0,5	1,09	12000	2,3
Хлористый водород	9	—	5	1,17	15	15
Оксид этилена	3	1	3	1556	1260	900
Хлор	13	—	1	—	14,3	10
Сероводород	61	—	10	0,0007	5	2,8
Сероуглерод	11	3	10	0,32	98,9	3,9
Аммиак	24	—	20	0,037	37	35

Примечание: ¹ n — число исследований; ² СС — среднесменная, ³ МР — максимально разовая; ⁴ [ЗМ, 2018] — пороги чувствительности [Руководство по выбору фильтров, 2018]; ⁵ — два значения максимальных порогов восприятия запаха ВХВ.

Notes: ¹ n is the number of studies; ² СС — medium shift, ³ МР — maximum one-time; ⁴ [ЗМ, 2018] — sensitivity thresholds [Guide to the selection of filters, 2018]; ⁵ two values of the maximum thresholds for the perception of the smell of harmful chemicals.

порога или как стойкое значительное его изменение. Второй случай может быть выявлен при медосмотрах; первый выявить сложнее.

Важные результаты получены в исследованиях [11, 12]: около половины людей с очень низкой чувствительностью органа обоняния думали, что у них нормальное обоняние. Обзор [13], охватывающий 238 публикаций за 1950–2012 гг., показал, что всегда хотя бы часть рабочих не может выявить превышение ПДК. Кроме того, официальные лица (руководители, поставщики СИЗОД, инспекторы), никогда не подвергавшиеся сильному воздействию загрязнённой атмосферы, могут недооценивать риск снижения чувствительности обоняния у работников, использующих СИЗОД. Пороги раздражения слизистых оболочек носа и глаз схожи [1], для большинства вредных газов они неизвестны, при этом почти все известные значения этих субъективных порогов выше ПДК.

Во многих странах выбор и применение СИЗОД регулируются национальным законодательством. В США, Канаде, Австралии, странах Европейского Союза, Японии использование субъективной реакции работника для замены фильтров запрещено (допускается лишь при преждевременном, непредвиденном отказе фильтра). Зарубежные изготовители бесплатно предоставляют потребителям программы для вычисления срока их службы [6]. Работодатель обязан оценить условия труда, сообщить их поставщику СИЗОД, и получить от него сведения о сроке службы. Затем он составляет расписание замены фильтров. Допускается оценка срока службы на рабочем месте или на стенде при имитации условий применения.

В СССР уже в 1939 г. указывалось на опасность использования запаха для замены фильтров, и пытались запретить подобную практику [6], но неудачно: уровень довоенной науки не позволил найти другие способы. В каталогах 1974 и 1982 г., приводились сроки службы фильтров всех типов при воздействии более 60 вредных веществ при концентрациях от 5 до 1000 ПДК [14]. В США такие таблицы опубликовали лишь спустя четверть века, в конце 1990-х, и только для одного типа фильтров.

К сожалению, в Российской Федерации эта работа не была продолжена. Изменение классификации фильтров и прекращение выпуска старых моделей не позволяет пользоваться имеющимися данными [14], а поставщики новых моделей не дают об этом никакой информации.

В опубликованных Ассоциацией СИЗ Методических рекомендациях [15] допускается «органолептический» способ контроля для замены СИЗ, но не уточняется, когда это допустимо и что делать в других случаях. Группа специалистов по СИЗОД рекомендует использовать фильтрующие полумаски с добавкой дополнительного сорбента при превышении 1 ПДК, а также «регенерацию» фильтров путём промывки в растворе реагента. Однако это не согласуется с современным уровнем науки [16].

Недостаточный интерес специалистов к противогазным СИЗОД, отсутствие научно обоснованных разработок и нормативных требований к работодателю привели к появлению неадекватных рекомендаций (например, установка противоаэрозольного предфильтра для увеличения срока службы СИЗОД в 10 раз [6]). Отсутствие средств и методов для оценки срока службы фильтров приводит к снижению конкурентоспособности российских СИЗОД на мировом рынке.

С правовой точки зрения, сложившаяся ситуация приводит к нарушению не только статей 119 и 225 Трудового кодекса, но и статьи 5 закона «О защите прав потребителей»⁶. В соответствии с последним поставщик обязан предоставлять потребителю сведения о сроке службы, после которого использование товара может представлять опасность. Но это нарушение не принимается во внимание надзорными органами. В результате даже западные производители, у которых есть бесплатные программы для вычисления срока службы СИЗОД, не информируют российских покупателей об имеющихся возможностях.

⁶ Закон РФ от 7 февраля 1992 г. № 2300-1 «О защите прав потребителей» Available at: <http://zakonozpp.ru/zakonozpp.pdf> (Accessed 05 March 2021).

Второй этап исследования. На втором этапе исследования проанализирован опыт применения технических средств контроля состояния и эффективности работы фильтрующих элементов СИЗОД.

Перспективным средством для своевременной замены могут стать индикаторы, устанавливаемые на фильтр (*End of Service Life Indicator, ESLI*). Разработаны пассивные индикаторы (содержат реагент за прозрачным окошком, который меняет цвет перед окончанием срока службы фильтра), и активные (имеют датчик, усилитель и сигнализатор окончания срока службы фильтра). В **таблице 2** приводятся данные о некоторых из веществ, для которых есть датчики с чувствительностью менее 1 ПДК.

Использование стандартных, уже имеющихся в продаже датчиков, снизило бы риск запоздалой замены фильтров. Но изготовители СИЗОД ни разу не выпускали фильтры с активными индикаторами в продажу, а с пассивными — сняли с производства почти все модели, оставив лишь 2 вида (для ртуты и небольшого числа органических веществ). Возможно, это вызвано тем, что в развитых странах работодатели меняют все фильтры безопасным для работника способом (по расписанию). В результате, составляя расписание под наименьший возможный срок службы, работодатель часто меняет фильтры преждевременно, увеличивая объём их продаж. Производители, вероятно, не заинтересованы в сокращении производства фильтров, и дальше опытных моделей дело не движется. Поэтому важно создавать условия, стимулирующие производство фильтров СИЗОД с индикаторами их пригодности.

Для большинства токсичных газов нет датчиков для фильтров, а российские производители не имеют про-

грамм для вычисления срока службы фильтров. В этой ситуации представляется необходимым рекомендовать прекращение сертификации тех фильтров, поставщики которых не предоставляют информацию для вычисления их срока службы, например, с помощью универсальной бесплатной программы *MultiVapor* [6]. Программа имеет определенный недостаток — при высокой влажности воздуха точность вычислений может сильно снизиться. Поэтому в сертификационные испытания фильтров необходимо включить выборочную проверку достоверности предоставляемых сведений [17–20].

Заключение. Разработчики и производители СИЗОД рекомендуют использовать субъективную реакцию работника на проникание ВХВ (газа) в маску как основной или единственный способ для замены противогазных фильтров. При этом остаётся нерешённой проблема определения срока их службы.

Физиологическая неспособность отдельных работников вовремя обнаружить попадание газа из-за недостаточной чувствительности, привыкания, отвлечения внимания может приводить к воздействию на них ВХВ в концентрациях, превышающих ПДК. Это приведёт к ухудшению профессионального здоровья работников.

Важно отметить, что своевременная замена фильтра не гарантирует, что СИЗОД надёжно защитит работника — это лишь одно из необходимых условий, которое должно выполняться и учитываться в процессе профессиональной подготовки работников и специалистов.

Действующую в Российской Федерации практику использования СИЗОД и порядок их сертификации с разрешением снижать классы (подклассы) труда при использовании фильтрующих СИЗОД следует пересмотреть.

Список литературы

1. J.E. Cometto-Muñiz & W.S. Cain. Relative Sensitivity of the Ocular Trigeminal, Nasal Trigeminal and Olfactory Systems to Airborne Chemicals. *Chem. Senses*. 1995; 20(2): 191–8. <https://doi.org/10.1093/chemse/20.2.191>
2. M.H. Abraham, J. Andonian-Haftvan, J.E. Cometto-Muñiz & W.S. Cain. An Analysis of Nasal Irritation Thresholds Using a New Solvation Equation. *Fundam. Appl. Toxicol.* 1996; 31(1): 71–6. <https://doi.org/10.1093/toxsci/31.1.71>
3. M.H. Abraham, R. Kumarsingh, J.E. Cometto-Muniz, W.S. Cain. Draize Eye Scores and Eye Irritation Thresholds in Man Combined into one Quantitative Structure-Activity Relationship. *Toxicology in Vitro*. 1998; 12(4): 403–8. [https://doi.org/10.1016/S0887-2333\(98\)00010-1](https://doi.org/10.1016/S0887-2333(98)00010-1)
4. Registry of Toxic Effects of Chemical Substances. In: NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards. Available at: <https://www.cdc.gov/niosh/npg/default.html> (Accessed 28 November 2020).
5. J.H. Ruth. Odor Thresholds and Irritation Levels of Several Chemical Substances: A Review. *Am Ind Hyg Assoc J*. 1986; 47(3): A142–51. <https://doi.org/10.1080/15298668691389595>
6. Капцов В.А., Чиркин А.В. Замена противогазных фильтров СИЗОД. Available at: [https://ru.wikibooks.org/wiki/Замена_противогазных_фильтров_СИЗОД_\(лекция\)](https://ru.wikibooks.org/wiki/Замена_противогазных_фильтров_СИЗОД_(лекция)) (Accessed 05 March 2021).
7. S.S. Murnane A.H. Lehocky, P.D. Owens eds. *Odor Thresholds for Chemicals with Established Occupational Health Standards*. 2nd ed. Falls Church, Virginia: American Industrial Hygiene Association; 2013.
8. Stevens J.C., Cain W.S., Burke R.J. Variability of olfactory thresholds. *Chem Senses*. 1988; 13(4): 643–53. <https://doi.org/10.1093/chemse/13.4.643>
9. Майоров В.А. *Запахи, их восприятие, воздействие, устранение*. М.: Мир; 2006.
10. P. Dalton, B. Cowart, D. Dilks, M. Gould, P.S.J. Lees, A. Stefaniak et al. Olfactory function in workers exposed to styrene in the reinforced-plastics industry. *Am J Ind Med*. 2003; 44(1): 1–11. <https://doi.org/10.1002/ajim.10102>
11. J.E. Amoore, D. Venstrom, A.R. Davis. Measurement of specific anosmia. *Percept Motor Skills*. 1968; 26(1): 143–64. <https://doi.org/10.2466/pms.1968.26.1.143>
12. R.G. Adams, N. Crabtree. Anosmia in Alkaline Battery Workers. *Br J Ind Med*. 1961; 18(3): 216–21. <https://doi.org/10.1136/oem.18.3.216>
13. M.I. Greenberg, J.A. Curtis & D. Vearrier. The perception of odor is not a surrogate marker for chemical exposure: a review of factors influencing human odor perception. *Clinical Toxicology*. 2013; 51(2): 70–6. <https://doi.org/10.3109/15563650.2013.767908>
14. Шкрабо М.Л. ред. *Промышленные противогазы и респираторы*. Черкассы: НИИТЭХИМ; 1982.
15. Сорокин Ю.Г. ред. *Методические рекомендации по выбору и применению средств индивидуальной защиты органов дыхания*. М.: Издательство «КОЛОС»; 2006.
16. Басманов П.И., Каминский С.А., Коробейникова А.В., Трубицина М.Е. *Средства индивидуальной защиты органов дыхания*. СПб.: ГИПП «Искусство России»; 2002.
17. Respiratory Protection eTool. Respirator Change Schedules. Available at: https://www.osha.gov/SLTC/etools/respiratory/change_schedule.html Доступен перевод https://ru.wikibooks.org/wiki/Замена_противогазных_фильтров_СИЗОД (Accessed 28 November 2020).
18. Рукавишников В.С., Колычева И.В. *Медицина труда пожар-*

- ных: итоги и перспективы исследований. *Мед. труда и пром. экол.* 2007; (6): 1–5.
19. Мешков Н.А., Бухтияров И.В., Вальцева Е.А. Оценка факторов риска профессиональной деятельности и состояние здоровья сотрудников противопожарной службы. *Мед. труда и пром. экол.* 2020; 60(10): 658–73. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-10-658-673>
 20. Бухтияров И.В. Современное состояние и основные направления сохранения и укрепления здоровья работающего населения России. *Мед. труда и пром. экол.* 2019; 59(9): 527–32.
- ### References
1. J.E. Cometto-Muñiz & W.S. Cain. Relative Sensitivity of the Ocular Trigeminal, Nasal Trigeminal and Olfactory Systems to Airborne Chemicals. *Chem. Senses.* 1995; 20(2): 191–8. <https://doi.org/10.1093/chemse/20.2.191>
 2. M.H. Abraham, J. Andonian-Haftvan, J.E. Cometto-Muñiz & W.S. Cain. An Analysis of Nasal Irritation Thresholds Using a New Solvation Equation. *Fundam. Appl. Toxicol.* 1996; 31(1): 71–6. <https://doi.org/10.1093/toxsci/31.1.71>
 3. M.H. Abraham, R. Kumarsingh, J.E. Cometto-Muniz, W.S. Cain. Draize Eye Scores and Eye Irritation Thresholds in Man Combined into one Quantitative Structure-Activity Relationship. *Toxicology in Vitro.* 1998; 12(4): 403–8. [https://doi.org/10.1016/S0887-2333\(98\)00010-1](https://doi.org/10.1016/S0887-2333(98)00010-1)
 4. Registry of Toxic Effects of Chemical Substances. In: NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards, Available at: <https://www.cdc.gov/niosh/npg/default.html> (Accessed 05 March 2021).
 5. J.H. Ruth. Odor Thresholds and Irritation Levels of Several Chemical Substances: A Review. *Am Ind Hyg Assoc J.* 1986; 47(3): A142–51. <https://doi.org/10.1080/15298668691389595>
 6. Kaptsov V.A., Chirkin A.V. Timely replacement of respirator cartridges. Available at: [https://ru.wikibooks.org/wiki/Замена_противогазных_фильтров_СИЗОД_\(лекция\)](https://ru.wikibooks.org/wiki/Замена_противогазных_фильтров_СИЗОД_(лекция)) (Accessed 05 March 2021) (in Russian).
 7. S.S. Murnane A.H. Lehocky, P.D. Owens eds. *Odor Thresholds for Chemicals with Established Occupational Health Standards.* 2nd ed. Falls Church, Virginia: American Industrial Hygiene Association; 2013.
 8. Stevens J.C., Cain W.S., Burke R.J. Variability of olfactory thresholds. *Chem Senses.* 1988; 13(4): 643–53. <https://doi.org/10.1093/chemse/13.4.643>
 9. Mayorov V.A. *The odors, their perception, effects, and elimination.* M.; 2006 (in Russian).
 10. P. Dalton, B. Cowart, D. Dilks, M. Gould, P.S.J. Lees, A. Stefaniak et al. Olfactory function in workers exposed to styrene in the reinforced-plastics industry. *Am J Ind Med.* 2003; 44(1): 1–11. <https://doi.org/10.1002/ajim.10102>
 11. J.E. Amoore, D. Venstrom, A.R. Davis. Measurement of specific anosmia. *Percept Motor Skills.* 1968; 26(1): 143–64. <https://doi.org/10.2466/pms.1968.26.1.143>
 12. R.G. Adams, N. Crabtree. Anosmia in Alkaline Battery Workers. *Br J Ind Med.* 1961; 18(3): 216–21. <https://doi.org/10.1136/oem.18.3.216>
 13. M.I. Greenberg, J.A. Curtis & D. Vearrier. The perception of odor is not a surrogate marker for chemical exposure: a review of factors influencing human odor perception. *Clinical Toxicology.* 2013; 51(2): 70–6. <https://doi.org/10.3109/15563650.2013.767908>
 14. Shkrabo M.L. ed. *The industrial gas masks & respirators.* Cherkassy; 1982 (in Russian).
 15. Yu.G. Sorokin (ed.). *The selection and usage of respirators.* M.; 2006 (in Russian).
 16. Basmanov P.I., Kaminsky S.L., Korobeinikova A.V., Trubitsyna M.E. *Respiratory protective devices.* SPb; 2002 (in Russian).
 17. Respiratory Protection eTool. Respirator Change Schedules. Available at: https://www.osha.gov/SLTC/etools/respiratory/change_schedule.html (Accessed 05 March 2021).
 18. Roukavishnikov V.S., Kolycheva I.V. Industrial hygiene for firemen: results and prospects of research. *Мед. труда и пром. экол.* 2007; 6: 1–5.
 19. Meshkov Nikolay A., Bukhtiyarov Igor V., Valtseva Elena A. Occupational risk factors and physical condition of firefighters. *Мед. труда и пром. экол.* 2020; 10: 658–73. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-10-658-673>
 20. Bukhtiyarov I.V. Current state and main directions of preservation and strengthening of health of the working population of Russia. *Мед. труда и пром. экол.* 2019; 9: 527–32. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-9-527-532>