

Проблемы гигиенической безопасности и профилактики нарушений трудоспособности у работающих. Материалы Всероссийской научно-практической интернет-конференции с международным участием. г. Нижний Новгород, 29–30 ноября 2023 г.

Problems of hygienic safety and prevention of disability disorders in workers. Materials of the All-Russian Scientific and Practical Internet Conference with International Participation. Nizhny Novgorod, November 29-30, 2023.



Universal Decimal Classification УДК 614.894.29

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРИОДИЧНОСТИ ЗАМЕНЫ ПРОТИВОГАЗНЫХ ФИЛЬТРОВ РЕСПИРАТОРОВ

Капцов В.А., Панкова В.Б.

*ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт гигиены транспорта
Роспотребнадзора (ФГУП ВНИИЖГ Роспотребнадзора)», г. Москва*

Аннотация. Изучены современные способы, используемые в развитых странах для замены противогазных фильтров средств индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД).

Цель. Определение наилучших безопасных способов устранения риска несвоевременной замены противогазных фильтров в РФ на основе опыта развитых стран.

Использованные методы и подходы. Изучение научных публикаций о СИЗОД в *The Journal of International Society for Respiratory Protection*, публикациях издательств *Taylor & Francis*, *Oxford University Press*, *Springer*, учебных материалов и требований законодательства к выбору и использованию СИЗОД работодателями.

Основные результаты. Использование реакции органов чувств работников для определения периодичности замены противогазных фильтров респираторов показало свою ненадёжность уже в 1930-х годах. В настоящее время этот способ запрещён во всех развитых странах. Противогазные фильтры заменяют по расписанию, или по показаниям индикаторов срока службы. По ряду объективных и субъективных причин, использование второго способа, более удобного и безопасного, не получило сколько-нибудь широкого распространения.

Ключевые слова: токсичные газы, фильтрующие респираторы, противогазные фильтры, профессиональные заболевания.

Determination of periodicity of replacement of gas filters of respirators

Kaptsov V.A., Pankova V.B.

FGUP "All-Russian Research Institute of Hygiene of Transportation Rospotrebnadzor (FGUP VNIIZhG Rospotrebnadzor)", Moscow, Russia

Abstracts. *The article provides an overview of modern methods used in developed countries to replace gas mask filters of respirators.*

Objective. *Determination of the best safe ways for timely replacement of gas mask filters in the RF based on the experience of developed countries*

Methods. *Study of scientific publications about respirators in The Journal of International Society for Respiratory Protection, publications of Taylor & Francis, Oxford University Press, Springer, training materials and requirements of legislation to the choice and use of respirators by employers.*

Main results. *The use of the reaction of the sensory organs of workers to determine the frequency of replacement of gas mask filters of respirators showed its unreliability already in the 1930s. This method is now banned in all developed countries. Gas filters are replaced on a scheduled basis, or by the reading of indicators of service life. For a number of objective and subjective reasons, the use of the second method, which is more convenient and safer, has not become widespread.*

Key words: *toxic gases, filtering respirators, gas mask filters, occupational diseases.*

Своевременная замена противогазных фильтров у фильтрующих средств индивидуальной защиты органов дыхания (далее СИЗОД), является необходимым, но не единственным условием успешной защиты работников от токсичных газов. Запоздавшая замена может произойти в двух случаях. Во-первых, если срок службы фильтра, зависящий от химического состава и концентрации токсикантов, температуры и влажности воздуха, потребления воздуха работником (тяжести работы), и свойств фильтра (табл. 1), окажется меньше продолжительности пребывания в загрязнённой атмосфере. Во-вторых, при небольшой концентрации газов, срок службы фильтра может превышать длительность работы (табл. 1), и его можно использовать неоднократно. Но накопленные им токсиканты во время хранения могут десорбироваться, и перемещаться к отверстию для выхода очищенного воздуха. В результате при неоднократном применении фильтров он сам может создать опасность, даже при первом вдохе в не загрязнённой атмосфере. Оценка срока службы фильтра с помощью субъективной реакции органов чувств работника при попадании газа в маску (запах, привкус, раздражение органов дыхания и/или глаз, головокружение, потеря сознания) много лет не имела альтернативы. Однако способность работника обнаруживать превышение ПДК в РФ не проверялась ни при первоначальных, ни при периодических медосмотрах [1]. Низкая индивидуальная чувствительность органа обоняния, её большое разнообразие у разных людей (табл. 1), и снижение (при привыкании, адаптации к часто действующему раздражителю, отвлечения внимания, при простуде), отсутствие запаха у многих токсикантов [2], заставили перейти к более надёжным способам. Приобретение контрафакта не является единственной причиной отравлений работников в РФ – оно возможно и при использовании высококачественных фильтров.

Timely replacement of gas filters in filtering respirators is necessary, but not the only condition for successful protection of workers from toxic gases. Late replacement can occur in two cases. First, if the service life of the filter, which depends on the chemical composition and concentration of toxic substances, air temperature and humidity, the worker's air consumption (work severity), and filter properties (Table 1), is shorter than the duration of exposure to the contaminated atmosphere. Secondly, if the concentration of gases is low, the service life can exceed the duration of work in the contaminated atmosphere (Table 1), and it can be used repeatedly. But the accumulated toxic substances may desorb during storage and move to the purified air outlet opening. As a result, if the filter is used repeatedly, it may itself create a hazard, even for the first inhalation in an uncontaminated atmosphere. Estimating filter life using the subjective reaction of the worker's senses when gas enters the mask (odor, taste, respiratory and/or eye irritation, dizziness, loss of consciousness) has been the only alternative for many years. However, the ability of the worker to detect exceeding the OEL was not tested either during initial or periodic medical examinations in RF [1]. The low individual sensitivity of the olfactory organ, its great variety in different people (Table 1), the decrease (due to habituation, adaptation to a frequently acting stimulus, distraction, and cold) and the absence of odor in many harmful gases [2] prompted the transition to more reliable methods. The acquisition of counterfeits is not the only cause of the poisoning of workers in RF; it is also possible when using high-quality filters.

Таблица. Сроки службы противогазного фильтра «органические соединения» с сорбционной ёмкостью не выше, чем у фильтров А1; и сравнение порогов восприятия газов запаха с ПДК.

Table. Service lives of "organic compounds" respirator filters with sorption capacity no higher than Class A1 filters (EU, RF); and comparison of odor thresholds to OEL.

Вещество <i>Substance</i>	Срок службы ¹ (минут) при превышении ПДК <i>Service life (minutes) if the concentration exceeds the occupational exposure limit OEL</i>		ПДК, мг/м ³ OEL mg/m ³	Пороги восприятия запаха ² , мг/м ³ <i>Odor thresholds, mg/m³</i>	
	в 10 раз ³ <i>10 times</i>	в 50 раз ³ <i>50 times</i>		ЗМ <i>Russia</i>	Максимальные и минимальные опубликованные <i>Published values, maximum and minimum values</i>
Эпихлоргидрин <i>Epichlorohydrin</i>	3066	1074	2	3,59	46 - 0,3
Хлороформ <i>Chloroform</i>	468	167	10	61	6900 - 0,5
Дихлорметан <i>Dichloromethane</i>	49	21	100	3,41	1530 - 4,1
Ацетон <i>Acetone</i>	16	5	800	11,7	27900 - 1

1 - расчёт (MultiVapor 2.2.5), расход воздуха 50 л/мин, t = 20° С, относительн. Влажность 50%.

Calculation (Gerry O. Wood program MultiVapor 2.2.5), air flow rate 50 l/min, t = 20° C, relative humidity 50%.

2 - данные из: *Руководство по выбору фильтров. М.: ЗМ, 2018. 66 с., и S. Murnane et al. Odor Thresholds for Chemicals with Established Health Standards. Falls Church: AIHA, 2013. 192 p.*

Sources: Filter Selection Guide. Moscow: ЗМ Russia, 2018. 66 p.; S. Murnane et al. Odor Thresholds for Chemicals with Established Health Standards. Falls Church: AIHA, 2013. 192 p.

3 - Применение полумасок ограничено 10 ПДК (Австралия, Великобритания, Канада, КНР, США, Япония), с полными масками 50 ПДК (Канада, КНР, США, Япония).

The use of half masks is limited to 10 OEL (Australia, UK, Canada, PRC, Japan, USA), with full masks 50 OEL (Canada, PRC, Japan, USA).

Замена фильтров по расписанию.

Многолетняя работа в «атомном» центре США в Лос Аламосе привела к созданию алгоритма вычисления срока службы, реализованного в программе MultiVapor и её аналогах у производителей СИЗОД. Зная условия труда, работодатель может бесплатно и быстро вычислить срок службы, и составить расписание их замены. У способа есть недостатки. Исходный алгоритм, используя изотерму Дубинина-Радужкевича, не способен в полной мере учесть заполнение пор сорбента водой при большой влажности воздуха, и программа может занижить срок службы при защите от не смешивающихся с водой газов. Так, с ростом влажности с 50 до 65%, и защите от циклогексана, MultiVapor показала снижение срока службы с 175 до 143 минут; а замер с 169 до 12 минут [3]. Есть и другие недостатки. При вводе данных учитывают маловероятные, но возможные наихудшие условия использования СИЗОД. В результате большая часть дорогих фильтров выбрасывается, когда в них много неиспользованного сорбента. При работе вне помещений, при меняющейся погоде, и в ряде других случаев, неопределённость условий труда не позволяет вводить правильные исходные данные. В РФ разработаны ПДК для более чем 1100 веществ, способных загрязнять воздух в газообразном состоянии. В настоящее время MultiVapor может вычислять срок службы менее чем для 240 веществ (и их смесей), и для половины из них ПДК в РФ не разработаны.

Filter replacement schedule

Years of work at the U.S. Nuclear Center at Los Alamos allowed Gerry O. Wood to develop an algorithm for calculating filters' service life. It was used in the MultiVapor program, and in its counterparts by respirator manufacturers. An employer can calculate service life and make schedule for filter replacement using information about working conditions, for free and quickly. The method has drawbacks. The initial algorithm, using the Dubinin-Radushkevich isotherm, is not able to fully take into account the filling of sorbent pores with water at high air humidity, and the program can underestimate the service life when protecting against gases that do not mix with water. For example, when the relative humidity was increased from 50 to 65%, and filter had been used for protection against cyclohexane, MultiVapor showed a decrease in service life from 175 to 143 minutes. However, the experiment showed a change from 169 to 12 minutes [3]. There are other drawbacks. The program takes into account unlikely but possible worst-case conditions of respirator use when selecting input data. There are other disadvantages as well. When selecting input data for the program, unlikely but possible worst-case conditions of respirator use are considered. As a result, most expensive filters are discarded when they have a lot of unused sorbent. When working outdoors, in changing weather, and in a number of other cases, the uncertainty of working conditions makes it impossible to determine the correct input data. The RF has developed OELs for more than 1100 such substances that may be in the air in the gaseous state. MultiVapor can calculate lifetime for less than 240 substances (and their mixtures) at present, and for half of them OELs have not been developed in RF.

Экспериментальное измерение срока службы может дать точный результат во всех случаях. Замеры могут проводиться на стенде, при имитации условий применения СИЗОД; или путём прокачивания воздуха через фильтр на рабочем месте. Также можно проверить правильность составленного работодателем расписания замены фильтров путём отбора проб воздуха через тройник (между маской и фильтром) у работника во время работы [4]. Но для всех этих измерений необходимо специальное оборудование, и этот способ применяют редко.

Experimental measurement of service life can give an accurate result in all cases. Measurements can be made on a test bench, by simulating respirator use conditions, or by pumping air through the filter in the workplace. It is also possible to check the correctness of the filter replacement schedule by sampling the air through a tee (installed between the mask and the filter) while working in the workplace [4]. But all these measurements require special equipment, so this method is rarely used.

Современный уровень науки позволяет найти удовлетворительные и хорошие решения при однократном применении фильтров; но он пока не способен дать ответ на актуальный вопрос: если срок службы фильтра превышает продолжительность его использования (например, при низкой концентрации токсикантов, и/или маленьких ПДК, см. таблицу 1), допустимо ли его неоднократное применение? Накопленные фильтром вредные вещества способны десорбироваться, что делает неоднократное использование фильтров потенциально опасным. Практически применимых способов оценки этого риска сейчас нет. Поэтому в США разрешено лишь однократное использование фильтров, кроме случаев, когда есть надёжные данные о безопасности повторного использования в конкретных условиях [5].

The current state of the science allows satisfactory and good solutions for single use of filters; however, it is not yet able to answer the relevant question: if the lifetime of a filter exceeds the duration of its use (e.g., at low concentrations of toxic gases, and/or low OELs, see Table 1), can it be used more than once without risk to the worker? Harmful substances accumulated by the filter are capable of desorbing, making repeated use of filters potentially hazardous. There are no practicable ways of assessing this risk at the present time. Therefore, employers in the USA are authorized to use filters only once unless there is reliable evidence that it is safe to reuse them under specific conditions [5].

Индикаторы срока службы.

Первые несовершенные версии MultiVapor, не способные вычислять срок службы при загрязнении воздуха смесью газов, появились в 1990-х годах, а проблемы при использовании обоняния для оценки срока службы отмечались уже в 1938 г. [6]. Для профилактики запоздалой замены фильтров в разных странах разрабатывали устройства, предупреждавшие работника о приближении окончания срока службы (End of Service Life Indicators, ESLI). Для их описания необходимо уточнить некоторую особенность очистки воздуха в фильтрах.

End of Service Life Indicators, ESLI

The first imperfect versions of the MultiVapor program, unable to calculate service life when protected from a mixture of gases, appeared in the 1990s, and problems in using olfaction to estimate service life were noted as early as 1938. [6]. To prevent delayed filter replacement, devices were developed in different countries to warn the worker that the end of service life was approaching (End of Service Life Indicators, ESLI). For their description, it is necessary to describe some peculiarities of air purification in filters.

При наличии в фильтре достаточно большого количества не насыщенного газом сорбента, он эффективно очищает воздух. В результате концентрация газа в очищенном воздухе меняется не линейно. Например, первую половину срока службы концентрация газа в выходящем из фильтра воздухе может быть ниже порога чувствительности самых современных приборов. Затем она может быстро расти, и, при сильной загрязнённости очищаемого воздуха, может превысить ПДК в десятки раз за минуты («проскок»). Интервал времени между обнаружением газа в очищенном воздухе при концентрации, равной или меньшей ПДК, и многократным превышением ПДК, может быть небольшим [7].

If the filter contains a sufficiently large amount of sorbent that is not saturated with gas, it effectively purifies the air. As a result, the gas concentration in the purified air does not change linearly. For example, during the first half of its service life, the gas concentration in the air leaving the filter may be below the sensitivity threshold of the most modern devices. Then it can grow quickly, and if the air being purified is highly polluted, it can exceed the maximum permissible concentration tens of times in minutes ("breakthrough"). The time interval between the detection of a gas in purified air at a concentration equal to or less than the OEL and a multiple excess of the OEL may be short [7].

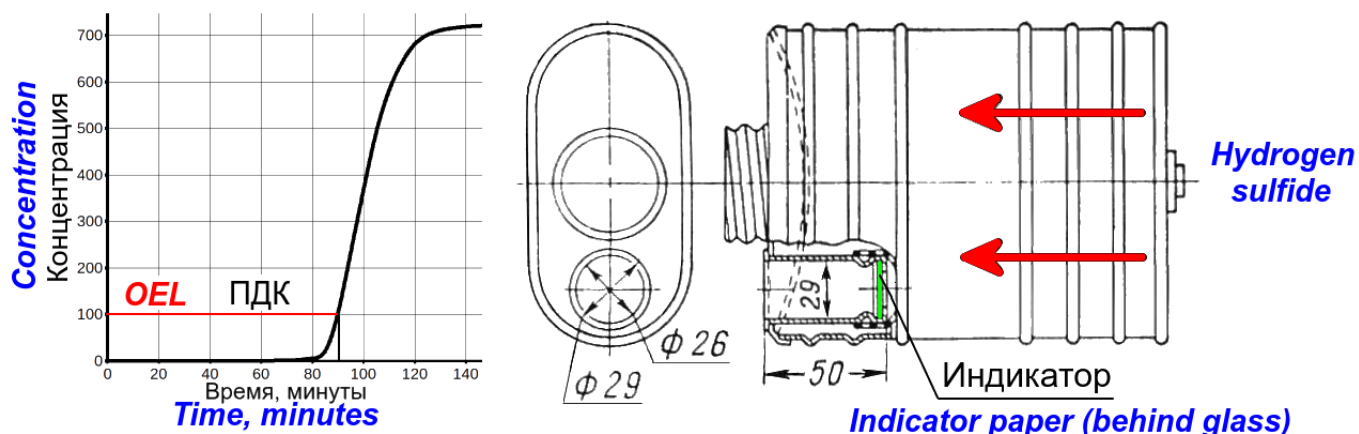


Рис. 1. Слева. изменение концентрации газа в очищенном воздухе, «проскок» на 90-й минуте. Справа: индикатор, заглублённый в сорбент, предупреждает рабочего заблаговременно [8]
Figure 1. Left: change of gas concentration in purified air, "breakthrough" at the 90th minute. Right: an indicator buried in the sorbent warns the worker well in advance [8]

При создании устройства, предупреждающего работника об окончании срока службы (индикатора, ESLI), удобно помещать чувствительный элемент между стандартными маской и фильтром. Это позволяет подбирать подходящее для конкретных условий труда сочетание СИЗОД и индикатора. Но нелинейность изменения концентрации газа в очищенном воздухе приводит к тому, что даже при высокой чувствительности индикатора и его непрерывной работе, после обнаружения токсичного газа у работника может не хватить времени для нормального прекращения работы, и безопасного покидания загрязнённой атмосферы. Для сертификации ESLI в США они должны срабатывать до достижения 90% от срока службы.

When creating an ESLI, it is convenient to place the sensing element between a standard mask and filter. This allows you to select a combination of a respirator and an indicator that is suitable for specific working conditions. But the nonlinearity of changes in gas concentration in purified air leads to the fact that even with the high sensitivity of the indicator and its continuous operation, after detecting toxic gas, the worker may not have enough time to stop work normally and safely leave the polluted atmosphere. NIOSH requires indicators to alert the worker before 90% of their service life has passed as a prerequisite for their successful certification.

В одной из первых публикаций на русском языке о СИЗОД с ESLI описан способ модификации стандартного фильтра для защиты от сероводорода (газ быстро парализует обонятельный нерв, и люди перестают замечать рост его концентрации) [8]. В слой сорбента «заглубили» полый пустотелый цилиндр со стеклом на конце. Через цилиндр и стекло была видна индикаторная бумага, менявшая цвет при воздействии сероводорода. После достижения газом слоя сорбента, где находился ESLI, проходило немало времени, прежде чем он насыщал следующие слои, и появлялся в очищенном воздухе, рис. 1. Это позволяло работнику не вести непрерывное наблюдение за состоянием индикатора (а при использовании электронных датчиков позволит включать их периодически, и применять лёгкие и дешёвые источники питания). С точки зрения безопасности работника, размещение индикатора между слоями сорбента – наилучшее из всех возможных.

One of the first publications in Russian about filters with ESLI describes a method for modifying a standard filter to protect against hydrogen sulfide (the gas quickly paralyzes the olfactory nerve, and people do not notice the increase in its concentration to a life-threatening level) [8]. A hollow cylinder with glass at the end was “buried” in the sorbent layer. The indicator paper was visible through the cylinder and glass. It changed color when exposed to hydrogen sulfide. After the gas reached the sorbent layer where the ESLI was located, a lot of time passed before it saturated the next layers and appeared in the purified air (Fig. 1). This allowed the worker not to continuously monitor the status of the indicator (and when using electronic sensors, it would allow them to be turned on periodically and to use light and cheap power sources). From the point of view of worker safety, placing the indicator between the sorbent layers is the best of all possible.

По данным обзоров [9, 10] в развитых странах были созданы и использовались для защиты работников разнообразные фильтры с индикаторами второго типа. В этих фильтрах обычно делали прозрачное окошко на боковой поверхности, за которым помещался материал, менявший цвет при воздействии какого-то определённого газа (ароматических хлорсодержащих соединений, кислых газов [HCl, HF, SO₂, H₂S], алифатических кетонов, органических соединений, аммиака, ртути, хлора). Наличие ESLI повышало затраты на изготовление фильтра, а его применение для защиты от веществ, на который индикатор не реагировал, увеличивало затраты работодателей на закупку фильтров (по сравнению с фильтрами без ESLI). Разнообразие свойств токсикантов, как физико-химических, так и токсических, препятствует созданию индикаторов, одинаково хорошо реагирующих на разные вещества. Например, 3M разработала и выпустила в продажу модифицированные фильтры 6051i и 6055i для защиты от разных органических соединений. Сравнение данных из руководства по эксплуатации (6051i) для 55 газов с их ПДК (РФ) показало, что при защите от уайт-спирита он сработает при концентрации 1/60 от среднесменной ПДК, а при защите от изопропилового спирта – при превышении максимально разовой ПДК в 32 раза.

According to reviews [9, 10], various filters with the second (passive) type of ESLI were created and used in developed countries to protect workers. These filters usually had a transparent window on the side surface, behind which was placed a material that changed color when exposed to a specific gas (aromatic chlorine-containing compounds, acid gases [HCl, HF, SO₂, H₂S], aliphatic ketones, organic compounds, ammonia, mercury, and chlorine). The presence of ESLI increased the cost of filter production, and its use for protection against substances to which the indicator did not react increased the cost for employers to purchase filters (compared to filters without ESLI). The diversity of properties of toxic substances, both physicochemical and toxic, prevents the creation of indicators that respond equally well to different substances. For example, 3M has developed and commercialized modified filters 6051i and 6055i to protect against various organic compounds. Comparison of data from the operating manual (6051i) for 55 gases with their OEL (in RF) showed that when protecting against white spirit, it will work at a concentration of 1/60 of the 8-hour TWA OEL and when protecting against isopropyl alcohol, when the Short Term Exposure Limit (STEEL OEL) is exceeded 32 times.

Важной практической особенностью ESLI является их почти полное исчезновение из продажи. В настоящее время на рынке есть фильтры с индикаторами, реагирующими на ртуть (3M, MSA, Scott), и упомянутый выше фильтр 3M. Прекращение выпуска фильтров с ESLI происходит в условиях появления новых технологий и устройств, широкого ассортимента разнообразных чувствительных датчиков, электроники, алгоритмов обработки сигналов, ёмких и недорогих

источников питания. По данным NIOSH (организации, сертифицирующей СИЗОД для использования работодателями в США и Канаде) с 1976 г. не было ни одной попытки сертифицировать фильтр с электронным датчиком. В 2005 г. состоялось обсуждение проблем выхода из этой ненормальной ситуации. Представителей шести ведущих компаний, изготавливающих фильтрующие СИЗОД, спросили о том, что мешает им выпускать безопасные фильтры [10]. Перед обсуждением ответов следует учесть особенности, влиявшие на участников встречи, и малоизвестные специалистам в РФ.

An important practical feature of ESLIs is their almost complete disappearance from the market. Currently, there are filters with ESLI for protection against mercury (3M, MSA, Scott), and the 3M filter (mentioned above) on the market. The discontinuation of filters with ESLI comes amid the emergence of new technologies and devices, a wide range of diverse delicate sensors, electronics, signal processing algorithms, and capacious and inexpensive power supplies. According to NIOSH (the organization that certifies respirators for use by employers in the US and Canada), there has not been a single attempt to certify an electronically sensed filter since 1976. In 2005, a discussion was held on how to overcome this abnormal situation. Representatives of six leading companies that make respirators were asked what prevents them from producing better and safer filters [10]. Before discussing their answers, it is necessary to take into account the peculiarities that influenced the participants of the meeting and that are little known to specialists in the RF.

Сертификация СИЗОД в США.

Первый СИЗОД (автономный дыхательный аппарат для спасателей) был сертифицирован в 1920 году. При расследовании причин гибели людей возникла проблема: часть изготовителей дыхательных аппаратов использовала купленные баллоны, сделанные специализированными заводами, и не всегда было ясно, кто виноват: изготовитель баллонов, или использовавший их изготовитель СИЗОД. Поэтому было принято принципиальное решение: компания, подавшая заявку на сертификацию, несёт ответственность за изделие в сборе, и оно испытывается только в сборе. Позднее начали сертифицировать фильтрующие противогазные СИЗОД, но принцип остался неизменен. Спустя столетие, из-за сложившихся традиций и бюрократических факторов, сертификационные испытания фильтров в США проводят лишь присоединив их к маске (т.е. СИЗОД в сборе), хотя в Европе и большинстве стран обходятся без совершенно ненужной при этом маски.

The first respirator (a self-contained breathing apparatus for rescuers) was certified in 1920. When investigating the causes of deaths, a problem arose: some manufacturers of SCBA used purchased cylinders made by specialized factories, and it was not always clear who was to blame: the manufacturer of the cylinders or the manufacturer of SCBA that used them. Therefore, a fundamental decision was made: the company that applied for certification is responsible for the complete product, and it is tested only as an assembly. Later, filtered gas masks were certified, but the principle remained unchanged. A century later, due to tradition and bureaucratic factors, filters are tested in the US only when attached to a mask (i.e., a complete respirator), although in Europe and most countries, filters are tested without the completely unnecessary mask.

Коммерческие последствия замены фильтров по расписанию.

Американские профпатологи сумели заставить работодателей заменять фильтры по расписанию со второй половины 1990-х, а европейские на десятилетие позже. В результате все законопослушные работодатели стали менять фильтры так, как будто они используются в наихудших возможных условиях, например – в несколько раз чаще, чем это необходимо. Объём продаж возрос, а встреча [10] состоялась уже после перехода к замене по расписанию.

The business implications of scheduled filter replacements.

Employers in the US have been forced to replace filters on a schedule since the second half of the 1990s, and in Europe a decade later. As a result, all law-abiding employers began to change filters as if they were being used in the worst possible conditions, for example, several times more often than necessary. Sales volume increased, and the meeting [10] took place after the transition to replacement on schedule.

По высказанному мнению ведущих производителей фильтрующих противогазных СИЗОС, внедрение ESLI является идеальным решением проблемы замены фильтров. Однако размер электронных датчиков бывает сравним с толщиной слоя сорбента, и их непросто «заглубить» в него. Вызывали вопросы срок службы и хранения до начала эксплуатации (фильтров, датчиков, источников питания), и нечёткие требования к потребителям, создающие угрозу того, что новое изделие не будет покупаться. Отмечалось, что изготовители не ожидали отказа от запрета на повторное использование фильтров; и что ESLI должны быть маленькие, недорогие, и универсальные. Пока это не так, и потому производители не готовы к производству фильтров с датчиками в слое сорбента.

According to the expressed opinion of the world's leading respirator manufacturers, the introduction of ESLI is an ideal solution to the problem of filter replacement. However, the size of electronic sensors can be comparable to the thickness of the standing sorbent, and they are not easy to "bury" into it. Questions were raised about the service life and storage before use (of filters, sensors, power supplies), and unclear requirements for consumers, creating a threat that the new product would not be purchased. It was noted that manufacturers did not expect the filter reuse ban to be waived; and that ESLIs should be small, inexpensive, and versatile. This is not the case yet, and therefore manufacturers are not ready to produce filters with sensors in the sorbent layer.

Для российского читателя необходимо подчеркнуть, что (и это видно даже из названия документа [10]) сама возможность изготовления фильтров и индикаторов ESLI отдельно, с последующей комплектацией СИЗОД работодателем (маска, соответствующая лицу работника по форме и размеру, индивидуально подобранная; фильтр, соответствующий химическому составу и концентрации токсикантов; и индикатор, способный своевременно обнаружить именно то вредное вещество, которое – при защите от их смеси – должно первым появиться в отфильтрованном воздухе) даже не упоминалась. Из-за сложившихся традиций при сертификации СИЗОД, обсуждали лишь создание универсального дешёвого датчика, устанавливаемого в фильтр с источником питания, для одноразового применения.

It must be emphasized that (and this is clear even from the title of the document [10]) the very possibility of manufacturing filters and ESLI indicators separately, with subsequent completion of the respirator by the employer (a mask that matches the employee's face in shape and size, individually selected; a filter that matches the chemical composition and concentrations of toxicants; and an indicator capable of promptly detecting exactly that harmful substance, which (when protected from their mixture) should first appear in the filtered air) was not even mentioned. Due to established traditions when certifying respirators, only the creation of a universal and cheap sensor installed in a filter with a power source for one-time use was discussed.

Ситуация с ESLI в других странах не лучше, а по некоторым показателям значительно хуже. Если в США есть минимальные требования к ESLI и государство финансирует работы по созданию недорогих датчиков, способных различать пары разных органических растворителей (для защиты при окрасочных работах), то в Европе нет даже требований к ESLI. Парадоксально, но европейских работодателей обязывают «менять фильтры по расписанию, или по показаниям индикаторов срока службы», но никаких требований к последним нет, и они (в Европе) не сертифицированы. Международная организация по стандартизации провела большую работу, подготовив более 35 стандартов, охвативших почти все вопросы, относящиеся к респираторной защите, от терминологии до эксплуатации. И здесь при использовании фильтрующих СИЗОД для защиты от газов работодателя обязывают менять фильтры по расписанию, или по показаниям индикаторов – в соответствии с лучшими образцами современных национальных требований к респираторной защите. Но среди трёх десятков стандартов ISO, разрабатывавшихся для того, чтобы «стать образцом для стран, желающих разработать свои национальные стандарты по респираторной защите», нет ни одного, где бы имелись хоть какие-то, минимальные, требования к ESLI.

The situation with ESLI in other countries is no better and, in some respects, much worse. There are minimum requirements for ESLI, and the government is funding work to create low-cost sensors that can distinguish between pairs of different organic solvents (for protection during painting work) in the United States. And in Europe, there are not even

requirements for ESLI. Paradoxically, European employers are required to “change filters on a schedule, or according to the readings of service life indicators,” but there are no requirements for the latter, and indicators are not certified in Europe at all. The International Organization for Standardization has done a great job, producing more than 35 standards covering almost every issue related to respiratory protection, from terminology to usage. And they oblige the employer to change filters on a schedule or according to indicator readings. This closely matches the best practices of the current national respiratory protection requirements. But among more than three dozen ISO standards developed in order to “become a model for countries wishing to develop their own national standards for respiratory protection,” there is not a single one that has at least some minimum requirements for ESLI.

Перспективы улучшения защиты работников в РФ.

Технически, для обеспечения своевременной замены фильтров, было бы идеально использовать индикатор, с чувствительным элементом, находящимся между слоями сорбента. Для этого не обязательно делать его универсальным, дешёвым и одноразовым, и помещать в фильтр. Можно установить его между фильтрами, и пропускать очищаемый воздух через них последовательно (а не параллельно, как сейчас), и использовать многократно. Но для этого необходимо снизить сопротивление дыханию, у современных фильтров оно уже большое.

Ways to improve worker protection

The ideal technical solution is to install a sensitive detector between the sorbent layers. To do this, it is not necessary to make the indicator universal, cheap, and disposable and place it in a filter. You can install it between the filters, pass the purified air through them sequentially (and not in parallel, as now), and use ESLI repeatedly. But for this, it is necessary to reduce the breathing resistance, which is already high with modern filters.

Для снижения сопротивления можно увеличить площадь поперечного сечения слоя сорбента. Но это повысит массу фильтров, а при их установке на маску она ограничена. Изготавливать сорбент в виде цельного куска с прямыми каналами, с низким сопротивлением проходящему воздуху (*activated carbone monolith*) российские изготовители не умеют. Но можно поместить фильтры на каску, или в маленький рюкзак (как у военных противогазов).

To reduce resistance, the cross-sectional area of the sorbent layer can be increased. But this will increase the mass of filters, and when installing them on a mask, it is limited. Russian manufacturers are not capable of producing a sorbent in the form of a single piece with straight channels with low resistance to passing air (“activated carbon monolith”). But they can put filters on a helmet or in a small backpack (as they do with filters on military gas masks).

Для стимулирования выпуска СИЗОД с индикаторами необходимо изменить систему сертификации СИЗОД так, чтобы работодатель мог приобретать подходящие для конкретных условий маски, фильтры, и индикаторы, изготовленные специализированными в своих областях заводами. Эти комплектующие должны сертифицироваться ответственной организацией для обеспечения их качества, и отдельно друг от друга.

To encourage the production of filters with indicators, it is necessary to change the respirator certification system so that the employer can separately purchase masks, filters, and ESLI, suitable for specific conditions and separately manufactured by different specialized factories. These components must be certified by a responsible organization to ensure their quality.

Сертификацию противогазных СИЗОД, конструкция которых не предусматривает ни установки индикатора (своего или стороннего производства), и даже подключение газоанализатора (между фильтром и маской) необходимо постепенно прекращать.

Certification and production of gas mask filters, the design of which does not provide for the installation of an indicator (our own or third-party production), and even the connection of a gas analyzer (between the filter and the mask), must be gradually stopped.

Список литературы

Bibliography

1. Профессиональные заболевания ЛОР-органов: руководство / Панкова В.Б., Федина И.Н.; под ред. Бухтиярова И.В., Дайхеса Н.А. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2021. 544 с. <https://doi.org/10.33029/9704-6069-6-ENT-2021-1-544>. ISBN 978-5-9704-6069-6
Occupational diseases of the ENT organs : a guide / V.B. Pankova, I.N. Fedina. eds. by I.V. Bukhtiyarov, N.A. Daiches. - Moscow: GEOTAR-Media, 2021. - 544 p.
2. Greenberg M.I., Curtis J.A., Vearrier D. The perception of odor is not a surrogate marker for chemical exposure: a review of factors influencing human odor perception // *Clinical Toxicology*. 2013. Vol. 51. No. 2. P. 70-76. <https://doi.org/10.3109/15563650.2013.767908>.
3. Abiko H., Furuse M., Takano T. Estimation of Organic Vapor Breakthrough in Humidified Activated Carbon Beds: Application of Wheeler-Jonas Equation, NIOSH MultiVapor™ and RBT. *Journal of Occupational Health*. 2016. Vol. 58. P. 570-581. <https://doi.org/10.1539/joh.15-0244-OA>.
4. Occupational Safety and Health Administration. Respirator Change Schedules. URL: https://www.osha.gov/SLTC/etools/respiratory/change_schedule.html (дата обращения 24.09.2023).
5. Капцов В.А., Панкова В.Б., Чиркин А.В. [Риск многократного применения противогазных фильтров респираторов](https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-2-174-179) // *Гигиена и санитария*. 2022. Т. 101. No 2. С. 174-179. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-2-174-179>
Valery A. Kaptsov, Vera B. Pankova, Alexander V. Chirkin. The risk of multiple uses of respirator gas filters (literature review). Hygiene and Sanitation. 2022;101(2):174-179 https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-2-174-179
6. Григорьев З.Э., Койранский Б.Б. [Индивидуальная защита органов дыхания от вредных газов и паров на производстве](https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-2-174-179) // Ленинград: Институт гигиены труда и профзаболеваний Ленгорздравотдела, 1938. 95 с.
Grigoriev Z.E., Koyransky B.B. Individual protection of respiratory organs from harmful gases and vapors at work // Leningrad: Institute of Labor Hygiene and Occupational Diseases Leningorzdravotdel, 1938. 95 c.
7. Капцов В.А., Чиркин А.В. Замена противогазных фильтров СИЗОД. URL: [https://ru.wikibooks.org/wiki/Замена_противогазных_фильтров_СИЗОД_\(лекция\)](https://ru.wikibooks.org/wiki/Замена_противогазных_фильтров_СИЗОД_(лекция)) (дата обращения: 23.09.2023).
Kaptsov V.A., Chirkin A.V. Replacement of gas mask filters. Lektion.
8. Торопов С.А., Найман И.С. [Лёгкий противогаз-респиратор с индикатором на сероводород](https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-2-174-179) // Спецодежда и средства индивидуальной защиты. Сборник научно-исследовательских работ. М.Е. Цуцков, И.М. Найман (ред.). Москва: Профиздат, 1961. 93 с.
Toropov S.A., Naiman I.S. Light gas mask respirator with an indicator for hydrogen sulfide // Special clothing and personal protective equipment. Collection of scientific research works. M.E. Tsutskov, I.M. Naiman (ed.). Moscow: Profizdat, 1961. 93 p.
9. Favas G. [End of Service Life Indicator \(ESLI\) for Respirator Cartridges. Part I: Literature Review](https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-2-174-179) // Melbourne (Australia): Defence Science and Technology Organization, 2005. 45 p. [Перевод](https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-2-174-179)
10. Rose-Pehrsson S.L., Williams M.L. [Integration of Sensor Technologies into Respirator Vapor Cartridges as End-of-Service-Life Indicators: Literature and Manufacturer's Review and Research Roadmap](https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-2-174-179) // Washington: Naval Research Laboratory, 2005. 37 p. [Перевод](https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-2-174-179)