

### СОХРАНЕНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ЗДОРОВЬЯ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПОРАЖАЮЩИХ ФАКТОРОВ АВАРИЙ И ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

В. Ю. Гацура<sup>1</sup>, С. С. Бацков<sup>1</sup>, П. П. Сивашченко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФКУЗ МСЧ МВД России по СПб и ЛО, Поликлиника № 1, г. Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup>Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова, г. Санкт-Петербург, Россия

### PRESERVATION OF PROFESSIONAL HEALTH AFTER EXPOSURE TO INFECTING ACCIDENTAL FACTORS OF ACCIDENTS AND EMERGENCY SITUATIONS

V. Yu. Gatsura<sup>1</sup>, S. S. Butskov<sup>1</sup>, P. P. Sivashchenko<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Clinic №1 of the Ministry of Internal Affairs of Russia for St. Petersburg, Saint Petersburg, Russia

<sup>2</sup>S. M. Kirov Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia

**Резюме.** При ликвидации аварий и чрезвычайных ситуаций в помещениях наибольшую опасность представляют токсичные газы — такие как окись углерода, двуокись углерода, хлористый водород, цианистый водород, альдегиды и акролеин, — а также сопутствующий недостаток кислорода. В последнее время появляется все больше данных о том, что в организме сотрудников, профессионально занимающихся ликвидацией аварий и чрезвычайных ситуаций, возникает кумулятивное накопление ядов, образующихся при воздействии продуктов горения на организм. В дыму пожаров обнаружены канцерогенные вещества, индуцирующие развитие злокачественных опухолей в организме человека. К ним относятся: бенз(а)пирен, винилхлорид, нитрозамин, формальдегид, концентрация которых значительно превышает допустимые нормы. Одним из наиболее опасных кумулятивных ядов являются диоксины. Эти соединения являются фундаментальными факторами загрязнения биосферы, а пожары являются одним из важных источников выделения диоксинов в окружающую среду. Причина токсичности диоксинов заключается в способности этих веществ точно вписываться в рецепторы живых организмов и подавлять или изменять их жизненные функции. Диоксины, подавляя иммунитет и интенсивно воздействуя на процессы деления и специализации клеток, провоцируют развитие онкологических заболеваний. Вторгаются диоксины и в сложную отлаженную работу эндокринных желез. Вмешиваются в репродуктивную функцию, резко замедляя половое созревание и нередко приводя к женскому и мужскому бесплодию. Для выбора и обоснования наиболее перспективных путей управления профессиональным риском пожарных, целесообразным представляется саночентрический подход к изучению воздействия дыма на пожарных. Суть подхода в том, что должна учитываться не только опасность гибели и несчастных случаев на пожаре, но и возможные отдаленные биологические эффекты острых и хронических воздействий дыма на здоровье пожарных, что имеет как медицинскую, так и социальную значимость.

**Ключевые слова:** чрезвычайная ситуация, продукты горения, концентрация токсичных веществ, безопасность людей на пожарах, анализ тушения пожара.

**Summary.** When eliminating indoor accidents and emergencies, toxic gases — such as carbon monoxide, carbon dioxide, hydrogen chloride, hydrogen cyanide, aldehydes and acrolein — pose the greatest danger, as well as a concomitant lack of oxygen. Recently, there is growing evidence that in the body of employees who are professionally involved in the elimination of accidents and emergencies, a cumulative accumulation of poisons arises from the effects of combustion products on the body. Carcinogenic substances were discovered in the smoke of fires, inducing the development of malignant tumors in the human body. These include: benz(a)pyrene, vinyl chloride, nitrosamine, formaldehyde, the concentration of which significantly exceeds the permissible norms. One of the most dangerous cumulative poisons are dioxins. These compounds are fundamental factors in the pollution of the biosphere, and fires are one of the important sources of dioxin release into the environment. The reason for the toxicity of dioxins is the ability of these substances to fit exactly into the receptors of living organisms and suppress or alter their vital functions. Dioxins, suppressing the immune system and intensively influencing the processes of cell division and specialization, provoke the development of cancer. Dioxins also invade the complex, smooth functioning of the endocrine glands. Interfere with reproductive function, dramatically slowing puberty and often leading to female and male infertility. To select and justify the most promising ways to manage the professional risk of firefighters, a sanocentric approach to studying the effects of smoke on firefighters seems appropriate. The essence of the approach is that not only the danger of death and accidents due to fire should be taken into account, but also the possible long-term biological effects of acute and chronic effects of smoke on the health of firefighters, which has both medical and social significance.

**Key words:** emergency, combustion products, concentration of toxic substances, safety of people in fires, analysis of fire fighting.

## ВВЕДЕНИЕ

К вредным факторам ликвидации аварий и чрезвычайных ситуаций, связанных с открытым горением, относятся пламя, высокая температура, токсичные продукты горения, дым, снижение содержания кислорода, лучистый тепловой поток, потеря видимости. Данные факторы становятся поражающими для организма человека или делают невозможным организацию процесса эвакуации.

В продуктах горения, выделяющихся на пожарах, содержится до 100 видов химических соединений, которые могут оказывать острое и хроническое токсическое воздействие на организм человека. Таким образом, защита организма спасателей от вредных факторов среды является одним из актуальных направлений совершенствования науки и практики ликвидации аварий и чрезвычайных ситуаций.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящее время большое внимание уделяется изучению среды, где возникают чрезвычайные ситуации и повышению безопасности работы спасателей. Основными опасными факторами пожара, приводящими к гибели людей, являются открытый огонь, повышенная температура воздуха, токсичные продукты горения, понижение концентрации кислорода, обрушение поврежденных зданий и сооружений, взрывы веществ и материалов, а также комбинированное воздействие различных факторов.

Продукты сгорания, выделяемые при пожарах, можно разделить на три основные группы: твердые частицы; нерастворимые газы; газы, растворимые в воде.

При пожарах в зданиях гибель людей из-за обрушения конструкций происходит редко, так как условия, представляющие опасность для жизни человека на пожаре, появляются намного раньше, чем наступает предел огнестойкости строительных конструкций. Контакт человека с открытым пламенем даже при очень кратком промежутке времени приводит к гибели. Однако таких случаев на пожарах очень мало.

Во время пожара в здании наибольшую опасность представляют токсичные газы, такие как окись углерода, двуокись углерода, хлористый водород, цианистый водород, альдегиды и акролеин, а также сопутствующий недостаток кислорода.

Окись углерода (СО) — продукт неполного горения. Опасность этого газа заключается в том, что он в 250 раз прочнее соединяется с гемоглобином

крови, чем кислород, образуя при этом карбоксигемоглобин.

Гемоглобин крови не может легко освободиться от окиси углерода в отличие от молекул кислорода. Если человек продолжает вдыхать воздух, насыщенный этим газом, то молекулы окиси углерода связываются с оставшимися молекулами гемоглобина. Образовавшийся карбоксигемоглобин не способен переносить кислород к органам и тканям организма, в результате чего наступает кислородное голодание. Нарушаются функции мозга, сердца, координация и появляются судороги, в дальнейшем наступает остановка дыхания.

Опасной для человека считается степень насыщения окисью углерода 50% гемоглобина крови, при ней наблюдается потеря сознания, и самостоятельная эвакуация человека из горящего помещения становится невозможной.

*Оксид углерода, угарный газ, СО.* В результате соединения с гемоглобином крови, образуется неактивный комплекс — карбоксигемоглобин, вызывающий нарушение доставки кислорода к тканям организма. Выделяется при горении полимерных материалов. Выделению способствует медленное горение и недостаток кислорода.

*Диоксид углерода, углекислый газ, СО<sub>2</sub>.* Вызывает учащение дыхания и увеличение легочной вентиляции, оказывает сосудорасширяющее действие, вызывает сдвиг рН крови, также вызывает повышение уровня адреналина.

*Хлороводород, хлористый водород, HCl.* Снижает возможность ориентации человека: соприкасаясь с влажным глазным яблоком, превращается в соляную кислоту. Вызывает спазмы дыхания, воспалительные отеки и, как следствие, нарушение функции дыхания. Образуется при горении хлорсодержащих полимеров, особенно ПВХ

*Циановодород, (цианистый водород, синильная кислота), HCN.* Вызывает нарушение тканевого дыхания вследствие подавления деятельности железосодержащих ферментов, ответственных за использование кислорода в окислительных процессах. Вызывает паралич нервных центров. Выделяется при горении азотсодержащих материалов (шерсть, полиакрилонитрил, пенополиуретан, бумажнослоистые пластики, полиамиды и пр.).

*Фтороводород, (фтористый водород), HF.* Вызывает образование язв на слизистых оболочках глаз и дыхательных путей, носовые кровотечения, спазм гортани и бронхов, поражение ЦНС, печени. Наблюдается сердечно-сосудистая недостаточность. Выделяется при горении фторсодержащих полимерных материалов.

*Диоксид азота, NO<sub>2</sub>.* При попадании в кровь образуются нитриты и нитраты, которые переводят

оксигемоглобин в метгемоглобин, что вызывает кислородную недостаточность организма, обусловленную поражением дыхательных путей. Предполагается, что при пожарах в жилых домах отсутствуют условия, необходимые для интенсивного горения. Однако известен случай массовой гибели людей в клинической больнице из-за горения рентгеновской пленки.

*Аммиак,  $NH_3$ .* Оказывает сильное раздражающее и прижигающее действие на слизистые оболочки. Вызывает обильное слезотечение и боль в глазах, удушье, сильные приступы кашля, головокружение, рвоту, отеки голосовых связок и легких. Образуется при горении шерсти, шелка, полиакрилонитрила, полиамида и полиуретана.

*Акролеин (акриловый альдегид),  $CH_2=CHCHO$ .* Вызывает легкое головокружение, приливы крови к голове, тошноту, рвоту, замедление пульса, потерю сознания, отек легких. Иногда отмечается сильное головокружение и дезориентация. Источники выделения паров — полиэтилен, полипропилен, древесина, бумага, нефтепродукты.

*Сернистый ангидрид (диоксид серы, сернистый газ,  $SO_2$ ).* На влажной поверхности слизистых оболочек последовательно превращаются в сернистую и серную кислоту. Вызывает кашель, носовые кровотечения, спазм бронхов, нарушает обменные процессы, способствует образованию метгемоглобина в крови, действует на кроветворные органы. Выделяется при горении шерсти, войлока, резины и др.

*Сероводород,  $H_2S$ .* Вызывает раздражение глаз и дыхательных путей, появление судорог, потерю сознания. Образуется при горении серосодержащих материалов.

*Дым, парогазоаэрозольный комплекс.* В его составе находятся твердые частицы сажи, жидкие частицы смолы, влаги, аэрозолей, конденсации выполняющих транспортную функцию для токсичных веществ при дыхании. Кроме того, частицы дыма сорбируют на своей поверхности кислород, уменьшая его содержание в газовой фазе. Крупные частицы ( $>2,5$  мкм) оседают в верхних дыхательных путях, вызывая механическое и химическое раздражение слизистой оболочки. Мелкие частицы проникают в бронхиолы и альвеолы. При поступлении в большом количестве возможна закупорка дыхательных путей.

В настоящее время, нормируются предельные значения опасных факторов пожара, рассмотренные независимо друг от друга. Современные данные показывают, что при одновременном поступлении продуктов горения в организм человека, наблюдается сложный эффект совместного воздействия.

Выделяется три типа воздействия: суммирование — аддитивность (конечный результат одно-

временного действия нескольких ядов равен сумме эффектов каждого из них); потенцирование — синергизм (конечный результат больше арифметической суммы отдельных эффектов); антагонизм (снижение эффекта совместного действия ядов по сравнению с предполагаемой суммой отдельных эффектов).

В последнее время появляется все больше данных о том, что в организме сотрудников, профессионально занимающихся ликвидацией аварий и чрезвычайных ситуаций, возникает кумулятивное накопление ядов, образующихся при воздействии продуктов горения на организм. В дыму пожаров обнаружены канцерогенные вещества, индуцирующие развитие злокачественных опухолей в организме человека. К ним относятся: бенз(а)пирен, винилхлорид, нитрозамин, формальдегид, концентрация которых значительно превышает допустимые нормы.

Одним из наиболее опасных кумулятивных ядов являются диоксины. Эти соединения являются фундаментальными факторами загрязнения биосферы, а пожары являются одним из важных источников выделения диоксинов в окружающую среду. Химическое название диоксина — 2,3,7,8-тетрахлордibenзо пара диоксин (ТХДД). Название «диоксины» часто используется для семейства структурно и химически связанных полихлорированных dibenzo-пара-диоксинов (ПХДД) и полихлорированных dibензофуранов (ПХДФ).

Диоксины являются загрязнителями окружающей среды. Они входят в состав «грязной дюжины» — группы опасных химических веществ, известных как стойкие органические загрязнители. Диоксины вызывают особое беспокойство в связи с их высоким токсическим потенциалом. Эксперименты показывают, что они воздействуют на целый ряд органов и систем.

Диоксины образуются, главным образом, в результате промышленных процессов, но могут также образовываться и в результате естественных процессов, таких как извержения вулканов и лесные пожары.

Кратковременное воздействие на человека высоких уровней диоксинов может привести к патологическим изменениям кожи, таким как хлоракне и очаговое потемнение, а также к изменениям функции печени. Длительное воздействие приводит к поражениям иммунной системы, формирующейся нервной системы, эндокринной системы и репродуктивных функций.

Причина токсичности диоксинов заключается в способности этих веществ точно вписываться в рецепторы живых организмов и подавлять или изменять их жизненные функции. Диоксины, подавляя

иммунитет и интенсивно воздействуя на процессы деления и специализации клеток, провоцируют развитие онкологических заболеваний.

Вмешиваются диоксины и в сложную отлаженную работу эндокринных желез. Нарушают в репродуктивную функцию, резко замедляя половое созревание и нередко приводя к женскому и мужскому бесплодию.

Диоксины вызывают глубокие нарушения практически во всех обменных процессах, подавляют и ломают работу иммунной системы, приводя к состоянию так называемого «химического СПИДа» Комбинированное воздействие токсикантов дыма в концентрациях, значительно превышающих предельно допустимые, в условиях работы на пожаре с высокой физической, психологической и температурной нагрузкой могут быть причиной развития профессиональных болезней, которые у ликвидаторов аварий и чрезвычайных ситуаций практически не регистрируются.

Многофакторность и многомерность профессионального риска затрудняет изучение процесса формирования профессиональных болезней у пожарных и актуализирует поиск новых подходов к повышению эффективности защиты и минимизации последствий токсического воздействия дыма.

Применяемые для тушения пожаров СИЗОД весят от 8 до 20 кг и имеют время защитного действия от 40 минут до 4 часов. В качестве основного СИЗОД пожарные используют дыхательные аппараты на сжатом воздухе (ДАСВ), в которых запас дыхательного воздуха находится сжатым до 30 мПа и закачаным в баллон(ы), переносимые самим пожарным. Большинство ДАСВ имеют время защитного действия до одного часа и при этом весят до 16 кг.

В процессе дотушивания приходится выполнять целый ряд работ — разборку конструкций и материалов, иногда вынос их за пределы горящего помещения или здания, тушение обнаруженных очагов.

Использование изолирующих СИЗОД затрудняет выполнение таких работ, так как они ухудшают обзорность, создают повышенное сопротивление дыханию, требуют значительных энергозатрат пожарного на переноску, ограничивают возможности выполнения физической работы.

В связи с этим на практике применение СИЗОД изолирующего типа прекращается, как только повышается концентрация кислорода, позволяющая пожарному дышать. Такая ситуация часто возникает из-за необходимости перезарядки ДАСВ, для чего требуется доставка к месту пожара дополнительных баллонов со сжатым воздухом.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведенные факты свидетельствуют, что для выбора и обоснования наиболее перспективных путей управления профессиональным риском ликвидаторов аварий, чрезвычайных ситуаций и пожарных целесообразным представляется саночетрический подход к изучению воздействия дыма на организм. Суть подхода в том, что должна учитываться не только опасность гибели и несчастных случаев, но и возможные отдаленные биологические эффекты острых и хронических воздействий дыма на здоровье сотрудников, что имеет как медицинскую, так и социальную значимость.

Остаются малоизученными отдаленные последствия воздействия вредных факторов на здоровье, репродуктивную функцию и продолжительность жизни сотрудников. О необходимости таких исследований свидетельствуют результаты работ по изучению структуры заболеваемости и смертности, а также анализу места в них средовых факторов.

Таким образом, поиск более совершенных и эффективных путей защиты специалистов от негативных отдаленных последствий воздействия дыма требует комплексного подхода с учетом всех аспектов проблемы обеспечения безопасности личного состава, включая и предупреждение профессиональных заболеваний.

Специалисты-ликвидаторы на протяжении всей трудовой деятельности постоянно подвергаются воздействию дыма, спектр компонентов которого, опасных и вредных для жизни и здоровья человека, постоянно расширяется. Анализ и систематизация данных о влиянии таких компонентов и их сочетания на организм человека представляет основу для поиска эффективных путей и средств защиты личного состава от отравления дымом и предупреждения профессиональных заболеваний.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Елизаров А. В.* Учет химического состава горючего вещества при расчете распространения продуктов горения при пожаре в помещении. Проблемы пожарной безопасности: Сб. научн. тр. Вып. 38. Харьков: НУГЗУ. 2015. С. 69–72. Доступен по: <http://nuczu.edu.ua.sciencearchive.ProblemsOf-FireSafety.vol38.Elizarov.pdf> (дата обращения: 11.01.2012).
2. *Елизаров А. В.* Оперативный способ определения степени опасности дыма и токсичных продуктов горения для жизни людей при пожаре в помещении большого объема. Проблемы научных работ. Выпуск 25, 2017 34 пожарной безопасности: Сб. научн. тр. Вып. 3. Харьков: ХИПБ. 1998. С. 65–68.
3. *Кузнецов Е. И.* Определение границ переносимости тепловых нагрузок у человека. Космическая биология и авиакосмическая медицина. 1968. № 4. С. 11–17.
4. *Елизаров А. В.* Оперативное определение основных характеристик образования и распространения дыма при пожаре в помещении. Дис. канд. техн. наук: 21.06.02. Х., 2001. 129 с.
5. *Молодкина Н. Н., Попова Т. Б., Радионова Г. К.* Проблемы профессионального риска и некоторые подходы к его оценке. Медицина труда и промэкология. 1997. № 9. С. 6–9.
6. *Колесов В. Г., Лахман О. Л., Бенеманский В. В.* и др. Прогрессиентность токсической энцефалопатии у пожарных. Медицина труда и промэкология. 2003. № 3. С. 28–31.
7. *Лахман О. Л., Катамандова Е. В., Шевченко О. И.* Прогнозирование развития токсической энцефалопатии от воздействия комплекса химических веществ у пожарных. Медицина труда и промэкология. 2008. № 8. С. 12–16.
8. *Городинский С. М., Бавро Г. В.* и др. К вопросу комплексной оценки физической работоспособности человека при использовании средств индивидуальной защиты. Пути совершенствования средств индивидуальной защиты работающих на производстве. М., 1973. С. 25–32.
9. *Ищенко А. Д.* Увеличение удельного времени защитного действия дыхательных аппаратов для пожарной охраны. Дис. ... канд. техн. наук. М., 1998. 202 с.
10. *Чиркунов В. Н., Галкин А. В., Петулько В. А.* О физиологическом напряжении пожарных, работающих в средствах индивидуальной защиты. Проблемы повышения эффективности пожарной техники. Сб. науч. тр. М., 1988. С. 93–97.
11. *Горенков Р. В.* Обзор журнала «Amer. J. of Industrial Medicine». Медицина труда и промэкология. 1993. № 1. С. 7–9.
12. Перечень веществ, продуктов, производственных процессов, бытовых и природных факторов, канцерогенных для человека. ГН 1.1.029-95. М., 1995.
13. *Смулевич В. Б., Соленова Л. Г.* Производственные канцерогены и здоровье населения. Гиг. и сан. 1997. № 4. С. 22–25.
14. *Сапа Ю.* Медицина и жизнь. Обзорение. Доступен по: <http://www.pereplet.ru.med.699.html> (дата обращения: 11.01.2012).
15. *Андреев Н. А., Коннова Л. А.* Саноцентрический подход к анализу факторов профессионального риска пожарных. Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. 1998. Вып. 10. С. 40–55.
16. *Артамонова В. Г.* Актуальные вопросы диагностики и профилактики профессиональных болезней. Медицина труда и промэкология. 1996. № 5. С. 4–6.
17. *Овчинников В. В., Самойлов К. И., Баканов С. В.* Некоторые научно-практические аспекты классификации и параметризации поражающих факторов чрезвычайных ситуаций. Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. 1994. № 10. С. 27–28.
18. *Марьин М. И., Гечель А. Л., Апостолова Л.О.* Психическое состояние пожарных после тушения пожара. Медицина труда и промэкология. 1993. № 1. С. 9–10.
19. *Марьин М. И., Мешалкин Е. А.* Психофизиологические проблемы охраны труда пожарных. ВИНТИ. Итоги науки и техники. Пожарная охрана. 1991. С. 128–183.
20. *Коннова Л. А.* Основы безопасного ведения первоочередных аварийно-спасательных работ при тушении пожара в условиях чрезвычайных ситуаций техногенного характера как часть профессиональной подготовки сотрудников ГПС МВД РФ: сб. стат. СПб ВПТШ МВД РФ. под ред. Н. А. Андреева, Л. Т. Танклевского. 1996. С. 89–94.
21. *Tee L. Guidotti.* Firefighting Hazard. Доступен по: <http://www.ilo.org.safework.ru>. (дата обращения: 12.01.2012).
22. *Федоров Л. А.* Диоксины как экологическая опасность: ретроспектива и перспективы. М.: Наука, 1993. 226 с.
23. *Шелепчиков А. А.* История диоксинов. Доступен по: <http://www.dioxin.ru.history.htm> (дата обращения: 12.01.12).
24. *Коннова Л. А.* Твердые бытовые отходы как источник опасности для пожарных Санкт-Петербурга. Материалы науч. конф. «Проблемы безопасности труда пожарных». СПб., 1999. С. 34–36.
25. *Сейфулла Р. Д.* Применение лекарственных средств здоровым человеком. Эксперим. и клин. фармакология. 1994. № 3. С. 3–6.
26. *Шараевский Г. Ю., Чумаков В. В., Бородавко В. К.* и др. К вопросу токсикологической безопасности личного состава при пожарах на кораблях ВМФ. Воен.-мед. журнал. 1993. № 3. С. 44–47.
27. *Мясоедов А. Н.* Эффект семи аминокислот. Наука в России. 2008. № 5. С. 32–35.
28. *Shepard R. I.* Vitamin E and athletic performance. I. Sports. Med. and Phys. Fitness. 1983. № 4. P. 461.
29. Деконтаминация. Доступен по: <http://ru.wikipedia.org> (дата обращения: 12.02.2012).
30. *Коннова Л. А., Вакуленко С. В., Талаш С. А.* Деконтаминация в жизнедеятельности пожарной охраны. Вестник СПб института ГПС МЧС России. 2003. № 1. С. 70–74.
31. *Воронцов Н. В.* Завтрашний день детоксикации. Безоп. труда в пром. 1996. № 6. С. 9–10.
32. *Фаустов С. А.* Эргономический подход к выбору средств индивидуальной защиты органов дыхания (НИИОТ СПб). Доступен по: <http://www.niiot.ru.article.article20.htm> (дата обращения: 7.03.2012).