Дата поступления рукописи в редакцию: 05.12.2025 г. DOI: 10.24412/2782-3830-2025-11-568-573
Дата принятия рукописи в печать: 17.12.2025 г.

ВАСИЛЬЕВ Роман Викторович,
старший преподаватель кафедры безопасности в ЧС,
Уральский институт ГПС МЧС России, г. Екатеринбург,
e-mail: mail@law-books.ru

КОНОПЛЕВА Софья Алексеевна,
курсант факультета пожарной и техносферной безопасности,
Уральский институт ГПС МЧС России, г. Екатеринбург,
e-mail: mail@law-books.ru

ВЛИЯНИЕ ТОКСИЧНЫХ ПРОДУКТОВ ГОРЕНИЯ НА ДЫХАТЕЛЬНУЮ СИСТЕМУ И СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ОТ НИХ

Аннотация. *В статье рассматриваются токсические компоненты продуктов горения при пожарах и их патофизиологическое воздействие на органы дыхания пожарных. Особое внимание уделено роли оксида углерода, оксидов азота и синильной кислоты в формировании гипоксии, химических ожогов и системных токсических эффектов. Описаны частые острые и отсроченные последствия ингаляционного воздействия: бронхоспазм, ингаляционная травма с отеком гортани и дыхательной недостаточностью, острый респираторный дистресс синдром, пневмония, а также отдаленные осложнения, включая ХОБЛ, абсцесс легкого и пневмофиброз. Приведены подходы к неотложной помощи и терапии, меры реабилитации и профилактики, а также технические средства защиты органов дыхания: дополнительные патроны к фильтрующим противогазам (ДПГ 1, ДП 1, ДП 2), универсальные фильтрующие самоспасатели и изолирующие дыхательные аппараты. Отмечена зависимость риска респираторной заболеваемости от длительности пребывания в токсичной среде и значимость дыхательной гимнастики, контроля микроклимата и модификации факторов риска.*

Ключевые слова*: токсичные продукты горения, угарный газ, синильная кислота, ингаляционная травма, бронхоспазм, пневмония, пневмофиброз, абсцесс легкого, средства индивидуальной защиты.*

VASILIEV Roman Viktorovich,
Senior Lecturer at the Department of Emergency Safety,
Ural Institute of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia, Yekaterinburg

KONOPLEVA Sofya Alekseevna,
cadet of the Faculty of Fire and Technosphere Safety,
Ural Institute of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia, Yekaterinburg

EFFECTS OF TOXIC COMBUSTION PRODUCTS ON THE RESPIRATORY SYSTEM AND PROTECTIVE EQUIPMENT AGAINST THEM

Annotation. *The article discusses the toxic components of gorenje products in fires and their pathophysiological effects on the respiratory organs of firefighters. Special attention is paid to the role of carbon monoxide, nitrogen oxides and prussic acid in the formation of hypoxia, chemical burns and systemic toxic effects. Frequent acute and delayed effects of inhalation exposure are described: bronchospasm, inhalation trauma with laryngeal edema and respiratory failure, acute respiratory distress syndrome, pneumonia, as well as long-term complications, including COPD, lung abscess and pneumofibrosis. Approaches to emergency care and therapy, rehabilitation and preventive measures, as well as technical respiratory protection equipment are presented: addition-*

al cartridges for filtering gas masks (DPG 1, DP 1, DP 2), universal filtering self-rescuers and insulating breathing apparatus. The dependence of the risk of respiratory morbidity on the duration of stay in a toxic environment and the importance of respiratory exercises, microclimate control and modification of risk factors were noted.

Key words: *toxic combustion products, carbon monoxide, prussic acid, inhalation injury, bronchospasm, pneumonia, pneumofibrosis, lung abscess, personal protective equipment.*

Пожары - самая распространенная чрезвычайная ситуация на территории Российской Федерации, которая наносит материальный ущерб, приводит к гибели людей, а также приводит к ухудшению здоровья. Опасным фактором пожара является дым, в котором содержатся токсичные продукты горения, такие как азот, угарный газ, синильная кислота, тяжелые металлы и другие. Длительное воздействие дыма на организм человека может привести к различным заболеваниям: отравление угарным газом, раздражение, воспаление и ожоги дыхательных путей. На состояние нормальной микрофлоры пожарных и иммунный статус организма влияет экологическая обстановка на пожарах в жилых домах и в лесах. Токсичные продукты горения, попадая в верхние дыхательные пути могут стать началом в них патологического процесса, этим можно объяснить высокую частоту острых респираторных заболеваний сотрудников пожарной охраны [5]. Целью данной статьи является ознакомление с частыми заболеваниями у пожарных от токсичных продуктов горения, их проявлениями и причинами.

Наиболее опасным в дыме является угарный газ (CO), который блокирует путь кислорода к органам, вызывая гипоксию, это обусловлено тем, что монооксид углерода имеет большое сходство к гемоглобину, чем воздух. В 200 раз быстрее воздуха поступает в кровяное русло и вступает в активную связь с гемоглобином крови. В результате образуется карбоксигемоглобин – вещество, обладающее более сильной связью с гемоглобином, нежели оксигемоглобин (кислород в соединении с гемоглобином). Это вещество блокирует процесс передачи кислорода тканевым клеткам, вызывая гипоксию гемического типа. В результате вытесняя кислород из эритроцитов, появляется кислородное голодание [3].

Азот сам по себе в виде газа, также вытесняет кислород, вызывая удушье и гипоксию, но в пожарном дыму наибольшую опасность представляют его оксиды, в первую очередь диоксид азота (NO2), который раздражает слизистые оболочки дыхательных путей, вызывая кашель, одышку, а также могут привести к химическим ожогам, отеку легких и обострению астмы. Вдыхание больших концентраций диоксида азота, особенно в сочетании с другими токсичными газами, такими как хлороводород, может привести к тяжелым ожогам дыхательных путей. Оксиды азота и некоторые другие компоненты дыма, являясь чрезвычай¬но токсичными веществами, обладают выраженным раздражающим действием. Гибель человека от их воздействия, в отличие от отравлений синильной кислотой или оксидом углерода, наступает через несколько часов, иногда суток, из-за раз¬вития отека легких, альвеолита, бронхопневмонии [4].

Синильная кислота в пожарном дыму вызывает удушье и паралич дыхательной системы, нарушая тканевое дыхание из-за блокирования клеточных ферментов. Первоначально учащается дыхание, но затем наступает угнетение и остановка, что приводит к судорогам, потере сознания, а также к раздражению дыхательных путей и слизистых.

Дым от пожара может вызывать ряд заболеваний и обострение легких, включая острый бронхит, ларинготрахеит, бронхиальную астму и ее обострение, а также при длительном воздействии повышается риск развития хронической обструктивной болезни легких. Большинство летучих соединений всасывается в области альвеол. Проникновение их в организм происходит по законам диффузии. Вещества в газообразном состоянии, как правило, быстро поступают из альвеолярного воздуха в кровь [4].

Даже кратковременное воздействие дыма в задымленной зоне может привести к серьезным болезням легких. Бронхоспазм возникает, когда вдыхание токсичных веществ и продуктов горения вызывает раздражение и спазм дыхательной системы. Основными симптомами являются затрудненное дыхание, свистящие хрипы, кашель, одышка, боль и першение в горле, а также изменение голоса, в тяжелых случаях: синюшность кожи, потеря сознания. Бронхспазм после пожара может возникнуть сразу, в течение нескольких минут, или отсрочено, через несколько часов. Лечение бронхоспазма оказывается несколькими методами: кислородотерапия, которая заключается во вдыхании увлажненного кислорода, а также в приеме бронхолитических средств, например, сальбутамон, фенотерол, то есть средства, расслабляющие мышцы легких.

Ингаляционная травма с отеком гортани и дыхательная недостаточность также может быть последствием пребывания в задымленной зоне,

иными словами дыхательная недостаточность. ИТ - это мультифакторное поражение дыхательной системы человека при вдыхании горячего воздуха и дыма, в основе которого лежит повреждение слизистой оболочки дыхательных путей, паренхимы легких и общетоксическое действие продуктов горения на организм человека. В патогенезе повреждения слизистой оболочки трахеобронхиальное дерево важную роль играет химический фактор. Попадая в просвет трахеи и бронхов, продукты горения взаимодействуют с секретом трахеобронхиальное дерево и образуют кислоты и щелочи, которые повреждают слизистую оболочку [7]. Копотью называют сажу, и сама по себе копоть не повреждает слизистую оболочку дыхательных путей, но она может являться переносчиком химически активных соединений, воздействие которых приводит к увеличению глубины повреждения. Воспалительные реакции в виде асфиксии, отека гортани происходят из-за снижения защитных функций дыхательной системы. В легочной ткани можно наблюдать ателектазы (спадение доли легкого), дистелектазы (частичная потеря объема легочной ткани) и эмфизеры (разрушение мелких воздушных мешочков, что приводит к расширению легочной ткани). В дыхательной системе воспаляется слизистая оболочка трахеи бронхов, позднее может наблюдаться гнойный экссудат и пневматические очаги. Данная патология может развиваться в течение от нескольких минут до нескольких часов. При острой дыхательной недостаточности или при высоком риске ее развития проводится искусственная вентиляция легких, применяют адреналин, также назначаются антибиотики и противовоспалительные препараты.

Острый респираторный дистресс-синдром - это тяжелое осложнение острых респираторных заболеваний, которое заключается в двухстороннем воспалении легких с инфильтратами и отеком, причиной которого является повреждение легочных элементов. Когда альвеолы и кровеносные сосуды легких травмированы, кровь и жидкость просачиваются в промежутки между воздухоносными мешочками и в сами альвеолы. Объём бронхолёгочного повреждения, тяжесть состояния, развитие осложнений и смертность прямо зависят от характера вредного воздействия. Кроме высокой температуры вдыхаемого воздуха, на организм действуют продукты горения, проникающие в дыхательные пути с дымом. В зависимости от этиологического фактора различают следующие варианты ингаляционных поражений: термический: вдыхание горячего воздуха или пара обычно приводит к ожогу слизистых оболочек полостей рта, носа, верхней части гортани. За счет барьерных функций трахеобронхиального дерева патологический процесс редко распространяется ниже голосовой щели. Такого рода ожоги могут возникать при посещении бани, сауны, курении табачной продукции. Термохимический: при различных видах пожаров в респираторный тракт вместе с дымом попадают продукты горения. Взаимодействуя с внутриклеточной и межтканевой жидкостью, они образуют кислотные и щелочные соединения, которые вызывают химические ожоги воздухоносных путей. Токсикохимический, то есть при длительном нахождении в задымленном месте в организм поступают ядовитые вещества [2]. Осложнение развивается в течение 12-48 часов, однако в некоторых случаях развитие синдрома может растянуться на более длительный срок 5-7 дней. Лечение острого респираторного дистресс-синдрома проводится в реанимации и включает в себя поддержку дыхания и устранение повреждающего фактора, а именно промывание от сажи и копоти.

Пневмония после вдыхания токсичных веществ дыма возникает как следствие ингаляционной травмы и может развиваться из-за ожога дыхательных путей горячим дымом или из-за токсичных компонентов дыма. Течение ожоговой болезни обусловлено развитием системного воспалительного процесса, выраженность и длительность которого зависит от степени тяжести ожоговой травмы [1]. Многолетний опыт лечения пострадавших с ожогами и ингаляционной травмой (ИТ) показывает, что наиболее частым инфекционным осложнением и причиной летального исхода является нозокомиальная пневмония. Проявляется в течение 48 часов, а иногда и быстрее. Профилактика пневмонии включает в себя назначение антибиотиков, а также реабилитационную гимнастику после стабилизации состояния. В тяжелых случаях может применяться кислородотерапия, а при наличии отека легких – бронхоальвеолярный лаваж.

Хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ) – распространенное заболевание легких, которое вызывает ограниченное поступление потока воздуха в дыхательные пути и затрудняет дыхание. ХОБЛ поражает легкие и приводит к их забиванию мокротой. Данная болезнь неизлечима, но ее симптомы можно облегчить, отказавшись от курения, исключив воздействие загрязненного воздуха и пройдя вакцинацию для предупреждения инфекций. Признаки ХОБЛ после пожара развиваются медленно, и симптомы могут проявляться не сразу, но точные сроки не известны, так как это хроническое заболевание на фоне многолетних вредных воздействий. Общий подход в лечение ХОБЛ включает в себя медикаментозную терапию для снятия воспаления и расширения бронхов, дыхательную реабилитацию, кислородную терапию и, возможно, хирургическое вмешательство.

К более поздним осложнениям от воздействия пожарного дыма относят абсцесс легких, пневмофиброз и развитие онкологических заболеваний. Абсцесс легкого – это гнойное деструктивное заболевание легочной паренхимы, когда ткань легкого расплавляется, формируя полость, заполненную гноем [6]. Воспалительный процесс начинается с попадания инфекции, вызывая инфекционный некроз. Данное заболевание проявляется в два этапа: сначала формируется сама полость (от 2 дней до 2-3 недель), когда заболевание переходит на второй этап начинается кашель и ощущение большого количества мокроты. Лечение абсцесса включает в себя госпитализацию, интенсивную антибиотикотерапию, дренажные положения для отхождения мокроты и дыхательную гимнастику. При обширных абсцессах легких используется трансторакальное дренирование с последующей санацией гнойной полости антисептическими растворами и постоянной активной аспирацией содержимого [6].

Пневмофиброз – повреждение легких в результате вдыхания токсичных продуктов горения, которые вызывают воспаление и замещение легочной ткани на соединительную. Заболевание может проявиться через различное время, симптомы обнаруживаются не сразу, так как процесс развития фиброза занимает месяцы, а иногда и годы. Терапия включает в себя дыхательную гимнастику, кислородную терапию, медикаменты, такие как (антифибротики, муколитики), а также меры по предотвращению инфекций.

В своей научной статье Исаева Л.К., Сулименко В.А., Сулименко С.В., Соловьев С.В. сделали вывод, что на состояние нормальной микрофлоры пожарных влияет экологическая обстановка на пожарах. Вредные продукты горения создают предпосылки для возникновения различных заболеваний легких, попадая при выполнении работ по тушению пожара. Тем больше времени пожарные проводят в токсичной среде, тем выше возникает риск патологических заболеваний [8].

Воздействие токсичных продуктов горения наносит колоссальный вред дыхательной системе человека. Самая первая помощь заключается в перемещении пострадавшего на свежий воздух, чтобы снизить риск серьезных заболеваний. Профилактика легких является важной частью лечения для устранения заболеваний. Она включает в себя отказ от курения, правильное питание, а также физическую активность, регулярные занятия спортом улучшают вентиляцию легких и укрепляют дыхательную мускулатуру. Регулярные проветривания и поддержание оптимальной температуры и влажности (около 20-22 градусов и 50%) создают комфортные условия для восстановления органов дыхания. Самым важным пунктом в лечение и профилактики легких является дыхательная гимнастика.

Для обеспечения защиты от окиси углерода необходимо применять в составе фильтрующих противогазов дополнительные патроны: ДПГ-1, ДП-1 и ДП-2 (*рис.1*). Они устанавливаются как промежуточное звено между штатной фильтрующе-поглощающей коробкой и лицевой частью противогаза (*рис. 2 а*). Также по аналогии с дополнительными патронами применяют универсальные фильтрующие малогабаритные самоспасатели (*рис. 2 б*). В случае невозможного длительного использования вышеперечисленных средств в условиях повышенных концентраций окиси углерода в объеме 1% и более, используются изолирующие дыхательные аппараты на сжатом воздухе. (*рис. 2 в*).



Рис. 1. Фильтрующие патроны для противогазов



а б в

Рис. 2. Изолирующие дыхательные системы

В составе дополнительных патронов имеется катализатор, который за счет кислорода переводит угарный газ (оксид углерода) в углекислый газ (диоксид углерода), не ядовитый для дыхания [9].

Защитное действие патронов ограничено по времени, зависит от концентрации оксида углерода в окружающей среде и допускает нахождение в помещении с его концентрацией в объеме 0,25%. Допускается не длительное пребыванием в окружающей среде, с концентрацией угарного газа 1%, до 15 минут. Опасную концентрацию угарного газа можно примерно определить по интенсивности экзотермической реакции, внешнему виду дополнительного патрона и температуре вдыхаемого воздуха. Поверхность патрона разогревается, это означает опасное содержание оксида углерода в воздухе. При сильном ее разогреве, способном наносить легкие ожоги, свидетельствует концентрация угарного газа в объеме 1%, во время вдыхания воздух нагревается до 50 градусов. В результате разогрева поступающего воздуха от 65 до 70 градусов появляется ощущение ожогов бронхов и легких, при этом в патроне происходит потрескивание и обгорание его верхнего слоя краски. Нужно немедленно покинуть это место, так как вышеуказанные происходящие процессы указывают на значительное превышение допустимых концентраций оксида углерода. Дальнейшую работу необходимо проводить с использованием изолирующих дыхательных аппаратов.

Подведя итоги отметим, что токсичные продукты горения при пожарах оказывают выраженное повреждающее действие на дыхательную систему и являются ключевым фактором острых и хронических респираторных заболеваний у пожарных. Наиболее клинически значимыми компонентами дыма выступают оксид углерода, оксиды азота и синильная кислота, вызывающие гемическую гипоксию, химические ожоги дыхательных путей и системные расстройства. Спектр последствий варьирует от бронхоспазма и ингаляционной травмы с дыхательной недостаточностью до ОРДС, нозокомиальной пневмонии и поздних осложнений (ХОБЛ, пневмофиброз, абсцесс легкого). Критически важны правильный выбор и регламент применения средств индивидуальной защиты органов дыхания: дополнительные СО каталитические патроны и самоспасатели эффективны лишь при ограниченных концентрациях и времени экспозиции; при высоких уровнях СО и смешанных токсикантов следует использовать изолирующие дыхательные аппараты.

Список литературы:

[1] Нозокомиальная пневмония у пострадавших с ожогами и ингаляционной травмой / Т. Г. Спиридонова, Е. А. Жиркова, С. В. Смирнов [и др.] // Анестезиология и реаниматология. – 2017. – Т. 62, № 6. – С. 436-441. – DOI 10.18821/0201-7563-2017-62-6-436-441. – EDN YPLNJG.

[2] Ингаляционная травма. [Электронный ресурс]. Режим доступа: .https://www.krasotaimedicina.ru/diseases/zabolevanija_pulmonology/inhalation-injury.

[3] Николаева, Л.В. Оценка действия угарного газа на организм человека / Л. В. Николаева, Н. Н. Кривенко // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. – 2016. – № 1-2(5). – С. 77-79. – EDN YNDKOP.

[4] Токсичные компоненты пожаров / Н. Ф. Маркизова, Т. Н. Преображенская, В. А. Башарин, А. Н. Гребенюк. – Санкт-Петербург : Фолиант, 2008. – 208 с. – (Токсикология для врачей). – ISBN 978-5-93929-176-7. – EDN QLRLFT.

[5] Экологические последствия лесных и торфяных пожаров в Московской области в 2002-2009 годах / Л. К. Исаева, С. В. Соловьев, В. А.

Сулименко, С. А. Шилин // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2010. – № 3. – С. 85-91. – EDN NTYDNR.

[6] Скворцов, В. В. Острый абсцесс и гангрена легких / В. В. Скворцов, С. С. Байманкулов // Медицинская сестра. – 2015. – № 8. – С. 19-22. – EDN UYCJEP.

[7] Возможности эндоскопической диагностики ожога дыхательных путей при ингаляционной травме / А. В. Макаров, Е. А. Жиркова, Т. Г. Спиридонова, А. В. Миронов // Неотложная медицинская помощь. Журнал им. Н.В. Склифосовского. – 2020. – Т. 9, № 1. – С. 46-50. – DOI 10.23934/2223-9022-2020-1-46-50. – EDN ZEFMTY.

[8] Оценка здоровья пожарных в связи с действием на органы дыхания токсичных продуктов горения / Л. К. Исаева, В. А. Сулименко, С. В. Сулименко, С. В. Соловьев // Вестник Академии Государственной противопожарной службы МЧС России. – 2005. – № 3. – С. 73-81. – EDN HTHWSW.

[9] Осипова, Е. О. Разработка фильтрующего сорбирующего материала по детоксикации угарного газа / Е. О. Осипова, И. Н. Мельников, С. Я. Пичхидзе // Молодой ученый. – 2015. – № 24-1(104). – С. 85-87. – EDN VDFUXH.

References:

[1] Nosocomial pneumonia in victims with burns and inhalation injury/T. G. Spiridonov, E. A. Zhirkova, S. V. Smirnov [et al.]//Anesthesiology and resuscitation. – 2017. - T. 62, NO. 6. - S. 436-441. – DOI 10.18821/0201-7563-2017-62-6-436-441. – EDN YPLNJG.

[2] Inhalation injury. [Electronic resource]. Режим доступа: .https://www.krasotaimedicina.ru/diseases/zabolevanija_pulmonology/inhalation-injury.

[3] Nikolaeva, L.V. Assessment of the effect of carbon monoxide on the human body/L.V. Nikolaeva, N.N. Krivenko//Problems of ensuring safety in eliminating the consequences of emergency situations. – 2016. – № 1-2(5). - S. 77-79. – EDN YNDKOP.

[4] Toxic components of fires/N. F. Markizova, T. N. Preobrazhenskaya, V. A. Basharin, A. N. Grebenyuk. - St. Petersburg: Tome, 2008. - 208 p. - (Toxicology for doctors). – ISBN 978-5-93929-176-7. – EDN QLRLFT.

[5] Environmental consequences of forest and peat fires in the Moscow region in 2002-2009/L. K. Isaeva, S. V. Soloviev, V. A. Sulimenko, S. A. Shilin// Fires and emergencies: prevention, elimination. – 2010. – № 3. - S. 85-91. – EDN NTYDNR.

[6] Skvortsov, V.V. Acute abscess and lung gangrene/V.V. Skvortsov, S.S. Baimankulov//Nurse. – 2015. – № 8. - S. 19-22. – EDN UYCJEP.

[7] Possibilities of endoscopic diagnosis of respiratory tract burn in inhalation injury/A. V. Makarov, E. A. Zhirkova, T. G. Spiridonova, A. V. Mironov//Emergency medical care. Journal named after N.V. Sklifosovsky. – 2020. - T. 9, NO. 1. - S. 46-50. – DOI 10.23934/2223-9022-2020-1-46-50. – EDN ZEFMTY.

[8] Assessment of the health of firefighters in connection with the action of toxic combustion products on the respiratory organs/L. K. Isaev, V. A. Sulimenko, S. V. Sulimenko, S. V. Soloviev//Bulletin of the Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergencies of Russia. – 2005. – № 3. - S. 73-81. – EDN HTHWSW.

[9] Osipova, E.O. Development of filtering sorbent material for carbon monoxide detoxification/E.O. Osipova, I.N. Melnikov, S. Ya. Pichkhidze//Young scientist. – 2015. – № 24-1(104). - S. 85-87. – EDN VDFUXH.

ЮРКОМПАНИ
www.law-books.ru

Юридическое издательство **«ЮРКОМПАНИ»** издает научные журналы:

- Научно-правовой журнал «Образование и право», рекомендованный ВАК Министерства науки и высшего образования России (специальности 12.00.01, 12.00.02), выходит 1 раз в месяц.
- Научно-правовой журнал «Право и жизнь», рецензируемый (РИНЦ, E-Library), выходит 1 раз в 3 месяца.