



## Знакомство с «ядовитыми близнецами»: HCN и CO

Дым от пожаров зданий содержит много токсичных газов, включая монооксид углерода (CO) и цианистый водород (HCN), угрожающих пожарным. Опасные по одному, значительно опаснее вместе: что нужно знать о «ядовитых близнецах»?



Вместе CO и HCN, известные среди пожарных как «ядовитые близнецы», создают смертельно опасную удушающую смесь, способную привести к остановке сердца пожарного или пострадавшего во время пожара и вызвать рак, спустя десятилетия.

Поскольку совместное воздействие CO и HCN существенно опаснее индивидуального, сравнения концентраций каждого газа с соответствующими порогами сигнализации по отдельности недостаточно для работы.

В данной статье описан характер современных пожаров, рассмотрены эффекты совместного воздействия CO и HCN на организм и представлены наилучшие методы обеспечения безопасности пожарных, включая новую технологию мониторинга газа, которая может обеспечить раннее предупреждение об опасности, одновременно измеряя присутствие обоих газов.

### **Экскурс в историю:**

В 1970-е годы пожарная служба начала осознавать опасность вдыхания с дымом токсичных газов. Вскоре после этого исследователям стало известно об опасностях, обнаруженных во время тушения тлеющих участков. В настоящее время специалисты изучают опасности длительного воздействия токсичных газов, ведущие к образованию рака.

Раньше мебель и одежду изготавливали из натуральных продуктов, таких как хлопок, шерсть и дерево. Но в 1960-х годах начали использовать синтетические материалы. Сегодня подавляющее большинство предметов мебели, ковровых покрытий, постельных принадлежностей, одежды, бытовой техники, электроники и строительных материалов в домах и

офисах изготовлено из синтетических материалов. Изоляция — как рулонная, так и распыляемая пена — это продукт, в большом количестве выделяющий при горении HCN и другие токсичные вещества.

Поскольку синтетика образует при горении более высокие температуры, чем натуральные материалы и сгорает быстрее, она также ускоряет выделение HCN. Тепло, излучаемое источником огня, быстро нагревает все материалы вокруг него. Происходит разложение материалов, при котором токсичные газы распространяются в здании до воспламенения.

Один из самых трагических примеров произошел в 2003 году в ночном клубе Station в Уэст-Уорике, штат Род-Айленд. Во время концерта группы были запущены два пиротехнических устройства. Экзотермическая реакция вызвала разбрасывание искр на 5 метров в течение 15 секунд. Эти искры воспламенили некачественную пенопластовую звукоизоляцию, установленную вокруг сцены, чтобы проецировать звук в аудиторию. По мере роста температуры термическое разложение пенопласта привело к выделению большого количества дыма с цианистым водородом.

Последующие исследования и моделирование этого события, выполненные Национальным институтом стандартов и технологий (NIST), привели к выводу, что из-за некачественной спринклерной системы в здании зона выступления стала непригодной для дыхания не более, чем за 90 секунд. Многие из 462 человек, находящихся в помещении, погибли от содержащихся в дыме HCN и CO, не успев выйти из здания. В результате этого пожара 100 человек погибли и более 200 получили сильные ожоги или ранения.

### Там, где есть дым, есть токсичные газы

Сегодня при пожарах в жилых помещениях главной причиной смерти является вдыхание дыма, а не ожоги. Исследования Национальной ассоциации пожарной безопасности NFPA, проведенные в 2011 году, показали, что при пожарах количество смертей вызванных дымом было в 8 раз больше, чем ожогами. Во время пожара снижается содержание кислорода в воздухе, и велика вероятность присутствия высоких концентраций монооксида углерода и многих других токсичных веществ.

Кроме того, дым содержит токсические вещества, независимо от его густоты, цвета или движения. Невозможно по виду дыма определить, сколько токсичных газов выделяется при пожаре. Совершенно очевидно, что в клубящемся густом дыме есть токсические вещества, но они также могут присутствовать в светлом дыме или даже в тумане.

Пожарные подвергаются воздействию вредных веществ как через легкие, так и через кожу, но через легкие они поступают в организм в 300 раз быстрее.

### HCN: тихий убийца

Опасность CO известна давно, поэтому пожарных обучают следить за симптомами отравления этим газом, такими как головные боли, тошнота и сонливость.

Воздействие высоких концентраций монооксида углерода может быть фатальным, но часто игнорируют опасность присутствия цианида. Хотя у многих цианиды ассоциируются с химическим оружием и опасными материалами, исследования показывают, что цианиды играют большую роль в тысячах смертей от пожаров каждый год.

Исследования показывают, что в дыме, возникающем при пожаре, цианистый водород может быть в 35 раз более токсичным, чем монооксид углерода.

Предел краткосрочного воздействия HCN в 4,7 раза выше, чем предельно допустимая концентрация (усредненная за 15 минут). Воздействие не может повторяться более 4 раз в день. Американская конференция правительственных промышленных гигиенистов (ACGIH) установила значение 4,7 ppm в качестве предельного уровня воздействия на персонал (TLV-C). Концентрация, воздействующая на персонал, не должна никогда подниматься выше этого значения.

Исследования показали, что при обычных пожарах в зданиях концентрация HCN часто составляет 200 ppm: воздействие такой концентрации вызывает смерть за 30–60 минут.

КОНЦЕНТРАЦИЯ CO В ВОЗДУХЕ	ОБ.%	ВРЕМЯ ВДЫХАНИЯ И ТОКСИЧЕСКИЕ СИМПТОМЫ
35 ppm	0,0035	Максимальная концентрация на рабочем месте для 8-часового рабочего дня
200 ppm	0,02	Слабая головная боль в течение 2–3 часов
400 ppm	0,04	Головная боль в области лба в течение 2–3 часов, распространяющаяся по всей голове в течении 2,5–3,5 часов
800 ppm	0,08	Головокружение, тошнота и подергивание конечностей в течение 45 минут, кома в течение 2 часов
1600 ppm	0,16	Головокружение, тошнота и подергивание конечностей в течение 20 минут, кома в течение 2 часов
3200 ppm	0,32	Головокружение, тошнота и подергивание конечностей в течение 5–10 минут, смерть в течение 30 минут
6400 ppm	0,64	Головокружение, тошнота и подергивание конечностей в течение 1–2 минут, смерть в течение 10–15 минут
12 800 ppm	1,28	Смерть в течение 1–3 минут

КОНЦЕНТРАЦИЯ HCN В ВОЗДУХЕ	ОБ.%	СИМПТОМ ПОРАЖЕНИЯ
2,1 ppm	0,00021	Максимальная концентрация на рабочем месте при 8-часовой смене – Европа
2–4 ppm	0,0004	Порог восприятия
4,7 ppm	0,00047	NIOSH REL: STEL
10 ppm	0,001	OSHA PEL: Среднесменная концентрация
20–40 ppm	0,004	Слабые симптомы через несколько часов
45–54 ppm	0,0054	Непосредственный и последующий ущерб в течение одного часа
100–200 ppm	0,02	Смерть через 30–60 минут
300 ppm	0,03	Немедленная смерть

Раньше думали, что если вынести человека из дыма на свежий воздух, токсичные вещества будут заменены свежим воздухом. Теперь известно, что токсичные вещества остаются в организме и от них трудно избавиться. Рак стал причиной №1 смерти пожарных от долгосрочного воздействия токсичных газов.

Цианид водорода обладает высокой токсичностью, и если пожарные испытывают головокружение, слабость или повышение сердечного ритма, именно он может оказаться причиной. Предполагается, что многие сердечные приступы и остановка сердца у пожарных во время пожара или после него могут быть связаны с HCN.

### ФАКТЫ О HCN

- в 35 раз более токсичен, чем CO
- может проникать в организм путем абсорбции, вдыхания или проглатывания и воздействует на сердце и мозг
- может вызывать сердечные приступы и остановку сердца, а затем препятствовать реанимации
- может вызывать странное и нелогичное поведение, мешать выполнению работы или сохранению собственной жизни, может затруднять или препятствовать спасению другими
- может в течение короткого времени вывести пострадавшего из строя

Он также обладает наркотическим эффектом и может привести к иррациональным и необычным действиям, заставить пожарного или пострадавшего принимать опасные для жизни решения.



### Как HCN влияет на организм

Цианид водорода вызывает отравление организма и препятствуя клеточному дыханию. При нормальном дыхании организм снабжает питательными веществами ключевые ферменты, благодаря которым мы нормально функционируем. Однако при вдыхании HCN дыхательный путь практически перекрывается. Результатом этого является анаэробное дыхание, приводящее к лактоацидозу и образованию в тканях и органах других токсичных веществ.

Люди, вдыхающие цианистый водород с дымом, часто испытывают когнитивную дисфункцию и сонливость, которые могут препятствовать выполнению спасательных работ. Воздействие низких концентраций (или первоначальное воздействие более высоких концентраций) может привести к оцепенению, спутанности сознания, покраснению лица, тревоге, потливости, головной боли, сонливости и учащенному дыханию. Воздействие более высоких концентраций HCN приводит к прострации, тремору, сердечной аритмии (которая может возникнуть через две-три недели после пожара), коме, угнетению дыхания, остановке дыхания и сердечно-сосудистой недостаточности.

К сожалению, нет быстрого теста, который можно было бы проводить для людей на месте пожара, чтобы оценить воздействие HCN. Поэтому, чтобы обнаружить признаки отравления HCN

у коллег, как во время пожара, так и после него на станции, все пожарные должны быть настороже.

Если пожарный или потерпевший обнаруживают заметные признаки отравления, можно применить антидот, чтобы помочь ускорить выздоровление.

### СИМПТОМЫ ОТРАВЛЕНИЯ HCN

- Откашливание черной мокроты
- Сажа или ожоги вокруг рта и носа
- Затрудненность дыхания, ощущение сдавливания груди, головная боль
- Запах миндального экстракта при выдохе (редко)
- Проблемы с сердцем
- Дезориентация, возможно, странное поведение
- Сонливость
- Возможно изменение цвета кожи на яркий красный (при длительном воздействии)
- Сильная вялость
- Слабость



### Лечение пациента с возможным отравлением HCN

Поскольку при пожаре цианид, содержащийся в дыме, может быстро стать летальным, раннее внимание к возможному отравлению имеет решающее значение для спасения жизней.

Терапия острого отравления цианидом до поступления в больницу требует удаление человека от источника, введение 100% кислорода и, при необходимости, проведение сердечно-легочной реанимации.

Новый антидот, гидроксикобаламин, эффективно используется во Франции в течение последних 10 лет. Он разработан специально для использования на месте или в больнице в случае острого отравления цианистым водородом. Гидроксикобаламин нейтрализует цианид, фиксируя его с образованием цианокобаламина (витамина B12), который выводится с мочой. Он не уменьшает способность крови переносить кислород.

## Остерегайтесь вторичного воздействия HCN

Пожарные также должны понимать, что, поскольку мягкие ткани тела действуют как губка, пострадавшие поглощают много побочных продуктов сгорания. Когда пострадавших выводят из опасной среды на свежий воздух, ткани их тел начинают выделять часть загрязняющих веществ. Поэтому спасатели подвергаются воздействию тех же вредных веществ, что и пострадавшие, включая HCN и других химических веществ.

После того, как пострадавшие доставлены в больницу, а пожарные вернулись к себе на станцию, они могут начать испытывать головные боли, тошноту, рвоту и т.д. Эти симптомы могут быть результатом стресса, но столь же вероятно, что они вызваны воздействием вредных веществ, таких как HCN и CO.



## Как пожарные могут защитить себя?

Пожарные не могут избежать воздействия токсичных веществ, таких как HCN и CO во время работы, но могут защитить себя, придерживаясь следующих рекомендаций.

- Носите СИЗ: это требует от пожарного энергии и ответственности
- Мониторинг токсичных газов: сделайте мониторинг газа стандартной процедурой
- Используйте ДАСВ: не снимайте дыхательные аппараты со сжатым воздухом (ДАСВ), пока не будет установлено, что воздух безопасен для дыхания, обеспечьте ДАСВ водителей/операторов

- Душ не позднее 1 часа: принимая душ не позднее чем через час, пожарные могут уменьшить воздействие токсинов на 90%. Если ждать возвращения домой после работы, воздействие будет получено на 100%, и душ не снизит риск возникновения рака.
- Обеззараживание: обеззараживайте СИЗ в соответствии с инструкциями Института пожарной и чрезвычайной помощи (FETI)
- Наблюдайте за коллегами: будьте внимательны к симптомам у коллег как на пожаре, так и на станции
- Обучение и тренинг: организуйте программу обучения, направленную на информирование пожарных об опасности цианистого водорода.

## Раннее предупреждение об опасности «ядовитых близнецов»

Исследования показали, что монооксид углерода и цианистый водород вместе вреднее, чем воздействие каждого из них по отдельности. Они оказывают синергетическое токсическое воздействие: CO препятствует попаданию кислорода в жизненно важные органы, а HCN атакует центральную нервную и сердечно-сосудистую системы, вызывая дезориентацию и спутанность сознания. Поэтому измерение газов отдельно и сравнение с их индивидуальными пороговыми значениями сигнализации не подходят при тушении тлеющих участков.

Компания Dräger, ведущий поставщик высококачественного оборудования для обеспечения безопасности пожарных по всему миру более 125 лет, представила новую технологию обработки сигналов, обеспечивающую защиту от совместного воздействия CO и HCN. Стандартные настройки порога тревоги для CO 30–35 ppm (A1) и 50–60 ppm (A2); для HCN 1,9–2,5 ppm (A1) и 3,8–4,5 ppm (A2).

Ранее CO и HCN обрабатывали и измеряли отдельно; никаких корректировок на наличие двух газов не делалось. Каждый порог тревоги анализировали отдельно, синергетическому токсическому эффекту уделялось недостаточно внимания.

При обработке сигналов «ядовитых близнецов» значения для газов измеряются вместе. Сигнал тревоги подается на основе масштабирования концентраций обоих веществ.

Компания Dräger включила функцию «ядовитых близнецов» в газоанализаторы Dräger X-am 5000 и 5600 с версией прошивки начиная с 7.0. Технология запатентована компанией Dräger в США (Pub. № US2014/0284222 A1) для токсичных веществ CO и HCN.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Новый этап мониторинга газа на основе научных исследований существенно повышает безопасность пожарных при работе. Используя современные технологии, Dräger обеспечивает наилучшую защиту от синергетического токсического эффекта цианистого водорода и монооксида углерода.

## ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Dräger Safety AG & Co. KGaA  
Revalstraße 1  
23560 Lübeck, Germany (Германия)

[www.draeger.com](http://www.draeger.com)

## РЕСУРСЫ:

*Stefanidou, M., S. Athanasis, and C. Spiliopoulou, Health Impacts of Fire Smoke Inhalation. Rep. N.p.: Informa Healthcare, 2008. Print.*

*National Fire Protection Association, "Fatal Effects of Fire," John R. Hall, Jr., March 2011.*

*Baud, F, Barriot P, Toffis V, et al. "Elevated blood cyanide concentrations in victims of smoke inhalation," N Engl J Med. 1991; 325: 1761-1766.*

*Guidotti, T. "Acute cyanide poisoning in prehospital care: new challenges, new tools for intervention," Prehosp Disaster Med. 2006; 21(2): стр. 40–48.*

*Tuovinen, H, Blomqvist, P. "Modeling of hydrogen cyanide formation in room fires." Brandforsk project 321–011. SP Report 2003:10.*

*Börs, Sweden: SP Swedish National Testing and Research Institute; 2003.*

*Cyanide: New Concerns for Firefighting and Medical Tactics, June 2009, Richard Rochford, PBI Performance Products newsletter.*

*Health Hazard Manual for Firefighters (NJ: Brown, 1990, стр. 21–22)*