

## МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ДОПУСТИМОГО ВРЕМЕНИ РАБОТЫ СПАСАТЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ИНТЕРМИТТИРУЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ УГАРНОГО ГАЗА

Академия гражданской защиты МЧС России (Россия, Московская область, г. Химки, мкр. Новогорск)

**Актуальность.** Существующие сегодня пределы допустимого времени работы в условиях воздействия опасных химических веществ («аварийные регламенты») разрабатывались преимущественно для ограниченного числа аварийных ситуаций, возникающих в условиях космических кораблей, подводных лодок или других специфических объектов. В то же время, не только на этих объектах происходят большое количество чрезвычайных ситуаций, сопровождающихся крупномасштабными выбросами в окружающую среду токсичных продуктов горения различных материалов и соединений. Это подтверждает необходимость прогностической оценки степени опасности действия токсичных химических веществ на человека, так как одно из направлений защиты людей реализуется допустимым временем работы с сохранением необходимого уровня работоспособности в зависимости от концентрации химического вещества (защита временем).

**Цель** – на основе физиологических аспектов деятельности организма, особенностей выполняемой спасателями работы и требований к организации и проведению аварийно-спасательных работ предложить методический подход к определению допустимого времени работы спасателей в условиях интермиттирующего действия угарного газа.

**Методология.** Проанализированы научные работы и результаты экспериментов по теме исследования. В работе применяются методы обобщения и систематизации эмпирических и теоретических данных, традиционный анализ документов и литературы по теме исследования, метод наименьших квадратов, аппроксимации.

**Результаты и их анализ.** Показаны особенности воздействия различных концентраций угарного газа на организм человека в течение разного времени. Выявлены критические значения концентраций и времени воздействия, определена функциональная зависимость допустимого времени работы спасателей и концентрации угарного газа в месте проведения аварийно-спасательных работ. В расчетах учтены нюансы образования карбоксигемоглобина в крови и его влияние на жизнедеятельность спасателей.

**Заключение.** Данные, приведенные в статье, являются важной основой для организации и проведения аварийно-спасательных работ в атмосфере с повышенной концентрацией угарного газа.

**Ключевые слова:** чрезвычайная ситуация, спасатель, аварийно-спасательные работы, отравление, карбоксигемоглобин, угарный газ.

### Введение

Чрезвычайные ситуации обуславливают необходимость вести поисковые спасательные работы, оказывать помощь пострадавшим, локализовать или ликвидировать неуправляемые процессы, возникшие из-за аварии и катастрофы, эвакуировать население, выполнять аварийно-восстановительные работы. Технологические особенности различных видов производств и специфика возможных аварий влияют на характер выполнения аварийно-спасательных и других неотложных работ и требуют специальной подготовки исполнителей.

Действия спасателя по ликвидации последствий аварий и катастроф с момента их возникновения и до завершения работ являются деятельностью, требующей хорошей специальной подготовки, знания особенностей соответствующих технологий, свойств и опасностей применяемых или производимых горючих, взрывчатых, отравляющих, ядовитых и других опасных веществ.

В соответствии с действующими руководящими документами аварийно-спасательные, аварийно-восстановительные и другие неотложные работы при крупномасштабных чрезвычайных ситуациях ведутся непрерыв-

✉ Мясников Денис Владимирович – канд. техн. наук доц., каф. аварийно-спасательных работ, Акад. гражд. защиты МЧС России (Россия, Московская область, г. Химки, мкр. Новогорск), ORCID 0000-0003-1153-6567, e-mail: myasnikovdenis@mail.ru;

Авитисов Павел Викторович – д-р мед. наук проф., зав. каф. мед.-биол. защиты, Акад. гражд. защиты МЧС России (Россия, Московская область, г. Химки, мкр. Новогорск), SPIN-код: 1054-8459, e-mail: p.avitsov@amchs.ru;

Золотухин Андрей Владимирович – канд. мед. наук доц., каф. мед.-биол. защиты, Акад. гражд. защиты МЧС России (Россия, Московская область, г. Химки, мкр. Новогорск), SPIN-код: 6615-7255, e-mail: a.zolotukhin@amchs.ru;

Баринов Михаил Федорович – канд. техн. наук доц., нач. каф. аварийно-спасательных работ, Акад. гражд. защиты МЧС России (Россия, Московская область, г. Химки, мкр. Новогорск), e-mail: barinovmf@rambler.ru

но с необходимой сменой личного состава и соблюдением техники безопасности. Однако анализ документов, регламентирующих действия спасателей, показал, что режимы деятельности личного состава при работах в зонах загазованности определены недостаточно конкретно.

Так, личный состав аварийно-спасательных формирований при крупномасштабных пожарах может работать в зонах повышенных температур окружающей среды и загазованности до 1–2 ч с перерывами на 1–2 ч. Для бесперебойной работы личный состав работает в две смены. При этом общая продолжительность работ не регламентируется, хотя, очевидно, что эффективность работы личного состава в таком режиме будет существенно снижаться в течение времени. Согласно ГОСТу Р 22.9.02–95 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Режимы деятельности спасателей, использующих средства индивидуальной защиты при ликвидации последствий аварий на химически опасных объектах. Общие требования», режимы деятельности спасателей определяют продолжительность и интенсивность их работы и отдыха, обеспечивающие эффективную стабильную работоспособность и сохранение здоровья при ликвидации последствий аварии. При этом режим работы и отдыха спасателей включает в себя:

- общую продолжительность и интенсивность спасательных работ;
- перерывы в работе (микропаузы, перерывы в процессе смен для кратковременного отдыха);
- межсменный отдых.

**Цель** – на основе физиологических аспектов деятельности организма, особенностей выполняемой спасателями работы и требований к организации и проведению аварийно-спасательных работ предложить методический подход к определению допустимого времени работы спасателей в условиях интермиттирующего действия угарного газа.

### Материал и методы

Защита спасателей от воздействия угарного газа (монооксид углерода, СО) может быть достигнута применением средств защиты органов дыхания, а также фармакологических средств [3, 4, 6].

Анализ опыта реальных аварий и чрезвычайных ситуаций показал, что при длительном тушении пожаров, а также при проведении продолжительных работ по ликвидации их последствий, связанных с разборкой зава-

лов и поиском пострадавших в тех местах, где концентрации опасных химических веществ не столь высоки, как в очагах, работы проводятся без использования средств защиты органов дыхания. Такие работы могут проводиться спасателями в двух вариантах:

1) непрерывно с микропаузами и кратковременным отдыхом с максимальной общей продолжительностью работ до 16 ч (удвоенная продолжительность рабочего дня);

2) рабочими сменами, продолжительность которых, так же как и продолжительность межсменного отдыха, определяется конкретными условиями обстановки.

Исходя из реального опыта организации проведения спасательных работ, а также работ по тушению крупномасштабных пожаров, наиболее эффективной является организация деятельности спасателей в три смены при продолжительности рабочих смен 4 ч, продолжительность межсменного отдыха при этом составляет 8 ч. Этот режим является рациональным для обеспечения достаточной работоспособности спасателей и эффективности их деятельности. Общая продолжительность работы составляет 8 ч и отдыха – 16 ч/сут.

В зависимости от конкретных условий продолжительность смены может варьировать от 2 до 8 ч. В любом случае продолжительность межсменного отдыха при работе спасателей в 3 смены будет соответствовать удвоенному времени работы в смене.

Таким образом, эти параметры режима деятельности спасателей можно принять в качестве исходных данных для определения допустимого времени работы спасателей в условиях воздействия опасных химических веществ.

Одним из наиболее опасных химических веществ на пожаре является СО. Токсическое действие угарного газа обусловлено образованием карбоксигемоглобина (СОHb) – значительно более прочного карбонильного комплекса с гемоглобином по сравнению с комплексом гемоглобина с кислородом (оксигемоглобином) [7]. Таким образом, блокируются процессы транспортировки кислорода и клеточного дыхания.

При определении допустимого времени работы спасателей в атмосфере с повышенной концентрацией СО и других продуктов горения без средств защиты органов дыхания учитываются два основных варианта воздействия опасных химических веществ:

- непрерывное воздействие при общей продолжительности в диапазоне от десятков

минут до 16 ч (с микропаузами и кратковременным отдыхом);

- прерывистое воздействие при разовой экспозиции от 2 до 4 ч (в зависимости от продолжительности рабочих смен), фиксированном времени перерывов (от 4 до 8 ч) и оговоренном числе повторений (общая продолжительность спасательных и аварийно-восстановительных работ до 3–5 сут).

В 1-м случае требуется построение непрерывной шкалы аварийных нормативов в зависимости от допустимого времени работы, во 2-м – построение прерывистой шкалы этих нормативов в зависимости от того же времени и двух других условий повторного воздействия.

Конкретные значения аварийных пределов воздействия определялись на основании анализа следующих основных факторов, характеризующих зависимость «концентрация–время–эффект»:

- степени выраженности функциональных сдвигов при действии повышенных концентраций химического вещества;
- скорости восстановительных процессов и обратимости изменений, обусловленных однократным воздействием вещества за время между очередными воздействиями.

Наиболее распространенным критерием токсического действия угарного газа является содержание карбоксигемоглобина в крови. Если принять уровень 10% СОНб в качестве равновесного, то соответствующая ему концентрация СО в воздухе, найденная по формуле (1.0), приведенной в работе И.И. Даченко [1], составляет величину порядка 170 мг/м<sup>3</sup>.

$$x = \frac{100}{0,006518 \cdot a/b}, \quad (1.0)$$

где  $x$  – равновесный уровень СОНб в крови (%);

$a$  – содержание  $O_2$  (%);

$b$  – содержание СО во вдыхаемом воздухе (%).

Если использовать номограмму Петерсона–Стюарта, которая связывает концентрацию СО в воздухе и экспозицию с различными (до 10%) уровнями СОНб в крови человека, концентрации  $C = 170$  мг/м<sup>3</sup> и 10% насыщению СОНб соответствует экспозиция 3 ч.

В дальнейшем использовался широко распространенный в токсикологии подход, согласно которому величина эффекта ( $E$ ) определяется произведением концентрации яда ( $C$ ) на время его воздействия ( $t$ ). Основная задача состояла в том, чтобы установить параметры эффекта и времени воздействия, адекватные цели исследования.

## Результаты и их анализ

Исходя из обоснованных выше режимов деятельности спасателей, величина  $t$  ограничена 16 ч при непрерывном воздействии СО и 4 ч при интермиттирующем воздействии.

Согласно ГН 2.2.5.3532–18 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны», предельно допустимая концентрация СО в воздухе рабочей зоны составляет 20 мг/м<sup>3</sup> или 0,02 мг/л, что в расчете на 8-часовой рабочий день дает величину  $Ct = 0,16$ . Анализ концентрационно-временных зависимостей, установленных при разработке максимально допустимых концентраций СО, свидетельствует, что при той же экспозиции в случае аварийных ситуаций концентрация СО втрое выше и составляет 60 мг/м<sup>3</sup> (или 0,06 мг/л), а величина  $Ct = 0,48$  соответственно.

Исходя из требований к проведению аварийно-спасательных работ, было принято, что минимальная экспозиция для рассматриваемых условий составляет 30 мин. Ранее проводившиеся на волонтерах испытания [5] при такой продолжительности воздействия и концентрации СО 300 мг/м<sup>3</sup> (или 0,3 мг/л), принятой в качестве максимально допустимой концентрации, среднее значение уровня СОНб в крови у испытуемых составляло 6,2%.

Для указанных условий воздействия СО имеем величину  $Ct = 0,15$ . Следовательно, при этих условиях потенциальный максимум изменений не должен превзойти порог острого действия. Таким образом, рассматривался диапазон значений  $Ct$  от 0,15 до 0,50. Определение допустимого времени работы спасателей в условиях воздействия угарного газа (или максимально допустимых концентраций СО) производилось дифференцированно для трех уровней требований к работоспособности спасателей:

1-й – определяет допустимое время работы спасателей, при котором гарантируется сохранение необходимой физической и умственной работоспособности;

2-й – допускает выполнение тяжелой физической работы с возможным снижением умственной работоспособности (в пределах 30%);

3-й – устанавливает возможность выполнения только легкой физической работы на протяжении времени.

В качестве основного критерия для разделения данных уровней использовали значения концентрации СОНб в крови. Анализ публикаций [1, 2, 5–7] позволил допустить, что

Таблица 1

Коэффициенты, характеризующие зависимость СОНб от времени экспозиции при фиксированных значениях концентраций СО, и допустимое время работы в атмосфере с повышенной концентрацией СО

Концентрация СО (мг/м³)	Коэффициент				Уровень допустимого времени работы (ч)		
	$k_1$	$k_2$	$k_3$	$k_4$	1-й	2-й	3-й
220	0,0495	0,8235	5,7863	1,0936	1,02	2,09	3,97
280	0,2143	3,0000	14,500	-3,7143	0,81	1,23	2,57
390	0,1786	2,4167	13,000	-0,7619	0,6	1,01	1,66
450	0,1131	1,7917	12,583	1,0952	0,49	0,79	1,34
550	0,2560	3,7917	20,583	-3,0476	0,41	0,72	1,03
660	0,1369	2,4583	17,417	0,9048	0,32	0,57	0,82
880	0,1429	2,8333	20,050	4,1905	0,22	0,34	0,68
1200	0,3571	5,6667	30,500	0,8095	0,18	0,31	0,52
1350	0,3803	6,1207	33,379	0,0	0,12	0,27	0,45

ранее перечисленным уровням соответствует содержание СОНб в крови, равное 6,2, 10 и 15 % соответственно.

Методом наименьших квадратов получены уравнения, характеризующие зависимость уровня СОНб от времени нахождения в атмосфере с повышенным содержанием угарного газа. Эти уравнения имеют вид (2.0):

$$y = k_1 x^3 - k_2 x^2 + k_3 x + k_4, \quad (2.0)$$

где  $y$  – уровень СОНб (%);

$x$  – экспозиция (ч);

$k_1, k_2, k_3, k_4$  – безразмерные коэффициенты.

Рассчитанные значения коэффициентов представлены в табл. 1. Используя данные коэффициенты при решении приведенного выше кубического уравнения и принимая указанные выше концентрации СОНб в крови, получаем значения, которые соответствуют допустимому времени работы с приведенными ранее уровнями (см. табл. 1).

Полученные расчетные значения времени для каждого уровня обработаны методом наименьших квадратов и аппроксимированы в степенную функцию вида (3.0):

$$y = k x^{-a}, \quad (3.0)$$

где  $y$  – допустимое время работы (ч);

$x$  – концентрация СО в воздухе на месте проведения работ (мг/м³);

$k$  – безразмерный коэффициент;

$a$  – степенной безразмерный коэффициент.

Значения коэффициентов приведенных выше уравнений представлены в табл. 2.

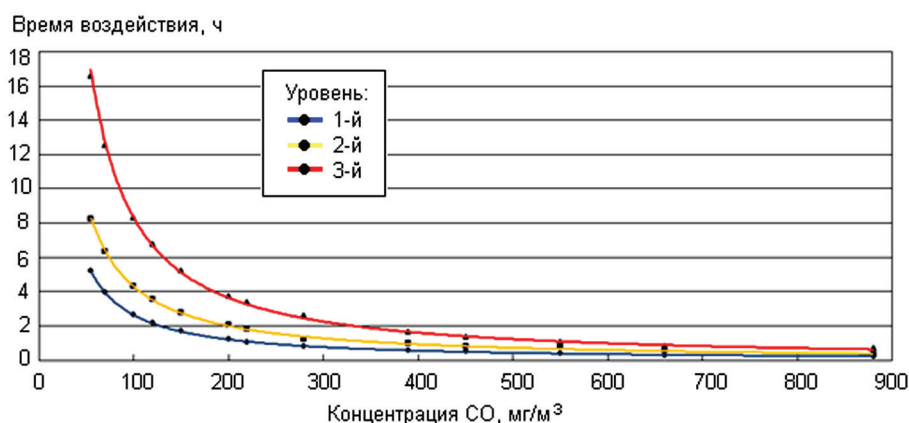
Расчеты, проведенные с использованием указанных коэффициентов и формулы (3.0), позволили определить значения допустимого времени работы спасателей в интересующем нас диапазоне концентраций и экспозиций.

Графически данные, характеризующие аварийные пределы воздействия угарного газа, представлены на рисунке.

Таблица 2

Расчетные значения коэффициентов для определения допустимого времени работы спасателей в зависимости от требований к работоспособности

Аварийный уровень	Значения коэффициентов		Коэффициент достоверности аппроксимации ( $R^2$ )
	$k$	$a$	
1-й	1698,5	1,1551	0,9983
2-й	643,47	1,0869	0,9957
3-й	492,36	1,1346	0,9988



Пределы безопасного воздействия угарного газа на спасателей при ликвидации чрезвычайных ситуаций.



Таблица 3

Расчетные значения максимально допустимых концентраций угарного газа и времени работы спасателей в зависимости от требований к работоспособности

Требования к эффективности трудовой деятельности		Длительность работы (ч) / концентрация СО (мг/м³)							
		1	2	3	4	6	8	10	16
Умственная работоспособность сохранена	Возможно выполнение тяжелой физической работы, 1-й уровень	236	130	90	70	49	38	31	21
Умственная работоспособность снижена на 30% и более	Возможно выполнение тяжелой физической работы, 2-й уровень	384	203	140	107	74	57	47	30
	Возможно выполнение только легкой физической работы, 3-й уровень	626	343	242	189	133	104	85	57

Соответственно допустимые концентрации СО в месте проведения аварийных работ и временные параметры данных работ были рассчитаны по формуле (4.0), полученной в результате преобразования формулы (3.0):

$$x = 10 (\lg k/y) / a, \quad (4.0)$$

где  $y$  – допустимое время работы (ч);

$x$  – концентрация СО в воздухе на месте проведения работ (мг/м³);

$k$  – безразмерный коэффициент;

$a$  – степенной безразмерный коэффициент.

Расчетные значения максимально допустимых концентраций СО и времени работы спасателей в зависимости от требований к работоспособности приведены в табл. 3.

Значения были обработаны с помощью программы Microsoft Excel 2010 и получено графическое выражение зависимости «фиксированный уровень карбоксигемоглобина в крови в зависимости от требований к работоспособности (%) – время (ч) – концентрация СО в месте проведения работ (мг/м³)» в интересующих нас диапазонах (см. рисунок).

Определение допустимого времени работы спасателей в условиях интермиттирующего действия угарного газа сводится к оценке скорости восстановительных процессов и степени обратимости изменений, обусловленных однократным воздействием вещества за время между очередными экспозициями, т. е. к установлению коэффициентов, учитывающих степень кумуляции яда при определенной интенсивности его воздействия. Как известно, различают материальную и функциональную кумуляцию. Нами были проанализированы материалы, характеризующие процессы кумуляции СО при достаточно малоинтенсивном воздействии, т. е. на уровнях, не вызывающих развитие клинически выраженных признаков отравления.

В работе В.В. Кустова и Л.А. Тиунова [5] показано, что диссоциация СОНб в диапазоне высоких его концентраций в крови протекает

существенно быстрее, чем в диапазоне малых концентраций. Расчеты значения времени полувыведения СО приводят к значениям  $T_{1/2} = 0,5-0,8$  ч при концентрациях СОНб выше 14–17% и  $T_{1/2} = 3-4$  ч при концентрациях СОНб ниже этого уровня.

В проведенных ранее исследованиях были получены значения  $T_{1/2}$  СО для различных видов лабораторных животных. Экспериментально установленные значения  $T_{1/2}$  составляли: для морских свинок – 3,9 ч, для белых мышей – 3,2 ч, для белых крыс – 3,3 ч. При этом при насыщении крови морских свинок, белых мышей, крыс окисью углерода до уровня 15% СОНб период диссоциации  $T_{1/2}$  практически одинаков, находясь в интервале 3,2–3,9 ч.

Исходя из перечисленных выше соображений, была использована для определения коэффициентов интермиттирующего действия формула (5.0):

$$T_{1/2} = \frac{(t_2 - t_1) \lg 2}{\lg C_1 - \lg C_2}, \quad (5.0)$$

где  $T_{1/2}$  – период полувыведения СО (ч);

$C_1$  – начальная концентрация СОНб в крови (после окончания экспозиции) (%);

$C_2$  – конечная концентрация СОНб в крови (%);

$t_1$  – начальный период времени (ч);

$t_2$  – конечный период времени (ч).

Принимая значения  $T_{1/2} = 3,5$  ч для человека,  $C_1$  6,2, 10 и 15% соответственно и  $(t_2 - t_1) = 4, 8, 10$  ч (период межсменного отдыха) и преобразуя формулу (5.0), определяем  $C_2$  – концентрацию СОНб после межсменного отдыха по формуле (6.0):

$$C_2 = e^{\frac{\lg C_1 (t_2 - t_1) \lg 2}{T_{1/2}}}. \quad (6.0)$$

Коэффициент интермиттирующего действия определяем по формуле (7.0):

$$K_1 = 1 - \frac{C_1}{C_2}. \quad (7.0)$$

Расчеты по приведенным выше формулам показали, что коэффициент интермиттирующего действия при различной длительности межсменного отдыха составит: для 4 ч – 0,55, для 8 ч – 0,79, для 10 ч – 0,86.

Для удобства расчетов допустимого повторного времени работы указанные данные сведены в табл. 4.

Анализ данных многочисленных работ по теме исследования позволяет сделать заключение о слабой выраженности явлений функциональной кумуляции по критериям умственной работоспособности. При интенсивности воздействия СО в интересующем нас диапазоне концентраций и экспозиций это вещество является малокумулятивным, и для восстановления работоспособности спасателей до необходимого уровня за период отдыха между сменами достаточным можно считать период 4 ч и более. Для полного восстановления работоспособности без использования специальных средств и способов, включая фармакологические и нефармакологические (дыхание обогащенной кислородом газовой смеси, электрофизиологические и другие виды воздействия), необходимо более продолжительное время (8 ч и более).

Таблица 4

Динамика снижения концентрации карбоксигемоглобина в крови (С) и коэффициенты интермиттирующего действия (К<sub>i</sub>) для различной продолжительности межсменного отдыха, %

С <sub>нач</sub>	6,2	10	15	К <sub>i</sub>
С <sub>через 4 ч</sub>	2,8	4,5	6,8	0,55
С <sub>через 8 ч</sub>	1,3	2,1	3,1	0,79
С <sub>через 10 ч</sub>	0,86	1,4	2,1	0,86

## Заключение

Таким образом, в статье предложен методический подход к определению допустимого времени работы спасателей в условиях интермиттирующего действия угарного газа при ликвидации чрезвычайных ситуаций, основанный на физиологических аспектах деятельности организма с учетом особенностей выполняемой спасателями работы и требований к организации и проведению аварийно-спасательных работ. Знание таких концентраций, определяющих допустимое время нахождения людей в загазованной атмосфере, необходимо для обеспечения безопасной работы личного состава аварийно-спасательных подразделений, вынужденных идти на определенный риск и ликвидировать очаг аварии, спасая от угрозы поражения и гибели других людей.

## Литература

1. Даченко И.И., Денисюк А.Б., Тиунов Л.А. Влияние продуктов горения синтетических материалов на работоспособность человека // Экстремальная физиология, гигиена и средства индивидуальной защиты населения : тез. докл. 3-й Всесоюз. конф. М. : ИБФ, 1990. С. 216–217.
2. Лахман О.Л., Катаманова Е.В., Мещерягин В.А. [и др.]. Основные аспекты классификации и течения профессиональной нейроинтоксикации комплексом токсических веществ у пожарных // Медицина труда и промышленная экология. 2010. № 10. С. 30–35.
3. Полозова Е.В., Шилов В.В., Радионов И.А. Оценка эффективности препарата ацизол при лечении острых отравлений угарным газом, осложненных термохимическим поражением дыхательных путей // Медицина критических состояний. 2010. Т. 4, № 4. С. 14–18.
4. Радионов И.А., Шантырь И.И., Баринов В.А. Влияние ацизола на кинетику карбоксигемоглобина у пожарных // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2012. № 2. С. 11–13.
5. Тиунов Л.А., Кустов В.В. Токсикология окиси углерода. Изд. 2-е. М. : Медицина, 1980. 286 с.
6. Цугленок Н.В., Цай Ю.Т. Механизм токсического воздействия окиси углерода на организм пожарного // Вестник КрасГАУ. 2006. № 5. С. 275–278.
7. Olas B. Carbon monoxide is not always a poison gas for human organism: Physiological and pharmacological features of CO // Chem. Biol. Interact. 2014. Vol. 5, N 222. P. 37–43. DOI: 10.1016/j.cbi.2014.08.005.

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией статьи.  
Поступила 01.12.2020 г.

**Участие авторов:** Д.В. Мясников – написание введения, заключения, обработка данных, редактирование окончательного варианта статьи; П.В. Авитисов – подбор литературных источников, редактирование статьи; А.В. Золотухин – написание первоначального варианта статьи, поиск исходных данных; М.Ф. Баринов – выполнение расчетов, построение графиков.

**Для цитирования:** Мясников Д.В., Авитисов П.В., Золотухин А.В., Баринов М.Ф. Методический подход к определению допустимого времени работы спасателей в условиях интермиттирующего действия угарного газа // Мед.-биол. и соц.-психол. пробл. безопасности в чрезв. ситуациях. 2021. № 1. С. 82–88. DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-1-82-88

## Methodical approach to determining permissible time limits of intermittent carbon monoxide exposure in rescuers

Myasnikov D.V., Avitsov P.V., Zolotukhin A.V., Barinov M.F.

Civil Defence Academy of EMERCOM of Russia (Novogorsk, Khimki, Moscow region, 141435, Russia)

✉ Denis Vladimirovich Myasnikov – PhD. Tech. Sci., Associate Prof. of the Emergency Rescue Department Command and Engineering Faculty of the Civil Defence Academy of EMERCOM of Russia (Novogorsk, Khimki, Moscow region, 141435, Russia), e-mail: myasnikovdenis@mail.ru;

Pavel Viktorovich Avitsov – Dr. Med. Sci. Prof., head of the Department of Medical and Biological Protection Faculty of Management of the Civil Defence Academy of EMERCOM of Russia (Novogorsk, Khimki, Moscow region, 141435, Russia), e-mail: p.avitsov@amchs.ru;

Andrey Vladimirovich Zolotukhin – PhD. Med. Sci., Associate Prof. of the Department of Medical and Biological Protection Faculty of Management of the Civil Defence Academy of EMERCOM of Russia (Novogorsk, Khimki, Moscow region, 141435, Russia), e-mail: a.zolotukhin@amchs.ru;

Mikhail Fedorovich Barinov – PhD. Tech. Sci. Associate Prof, head of the Emergency Rescue Department Command and Engineering Faculty of the Civil Defence Academy of EMERCOM of Russia (Novogorsk, Khimki, Moscow region, 141435, Russia), e-mail: m.barinov@amchs.ru

### Abstract

**Relevance.** Current operation time limits under hazardous chemical conditions ("emergency regulations") have been developed mainly for a limited number of emergency situations occurring in spacecraft, submarines or other specific objects. At the same time, many emergencies accompanied by large-scale releases of toxic combustion products from various materials and compounds into the environment are not limited to these facilities. Therefore, risks associated with toxic effects of chemicals should be predicted, since permissible time limits with adequate performance of personnel under certain chemical exposures are used for individual protection (time-based protection).

**Intention:** On the basis of physiological aspects, the peculiarities of the work performed by rescuers and the requirements for organizing and conducting emergency rescue operations, to propose a methodical approach to determining the permissible time for rescuers in conditions of intermittent carbon monoxide release.

**Methodology.** The scientific works and results of experiments in the research area were analyzed. Systematization and generalization of empirical and theoretical data, traditional analysis of documents and publications were used with the least squares approximation.

**Results and Discussion.** Specific effects of various carbon monoxide concentrations are shown for different exposure times. Critical concentrations and exposure times are revealed, functional relationships between permissible time of operation and carbon monoxide concentrations are determined. Carboxyhemoglobin formation and effects were taken into account.

**Conclusion.** The data given in the article are an important basis for organizing and conducting emergency rescue operations at increased concentrations of carbon monoxide.

**Keywords:** emergency, rescuer, rescue operations, poisoning, carboxyhemoglobin, carbon monoxide.

### References

1. Datsenko I.I., Denisjuk A.B., Tiunov L.A. Vliyanie produktov goreniya sinteticheskikh materialov na rabotosposobnost' cheloveka [Influence of combustion products from synthetic materials on human performance]. *Ekstremal'naya fiziologiya, gigiena i sredstva individual'noi zashchity naseleniya* [Extreme physiology, hygiene and personal protection equipment of the population]: Scientific. Conf. Proceedings. Moskva. 1990. Pp. 216–217.
2. Lakhman O.L., Katamanova E.V., Mesheryagin V.A. [et al.]. Osnovnye aspekty klassifikatsii i techeniya professional'noi neirointoksikatsii kompleksom toksicheskikh veshchestv u pozharnykh [Main aspects of classification and course of occupational neurointoxication with toxic chemical complex in firemen]. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya* [Occupational medicine and industrial ecology]. 2010. N 10. Pp. 30–35.
3. Polozova E.V., Shilov V.V., Radionov I.A. Otsenka effektivnosti preparata atsilol pri lechenii ostrykh otravlenii ugarnym gazom, oslozhnennykh termokhimicheskimi porazheniyami dykhatel'nykh putei [Evaluation of the effectiveness of acycol in the treatment of acute carbon monoxide poisoning complicated by thermochemical damage to the respiratory tract]. *Meditsina kriticheskikh sostoyanii* [Intensive and critical medicine]. 2010. Vol. 4, N 4. Pp. 14–18.
4. Radionov I.A., Shantyr' I.I., Barinov V.A. Vliyanie atsilola na kinetiku karboksigemoglobina u pozharnykh [Effects of acycol on carboxyhemoglobin toxicokinetics]. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh* [Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations]. 2012. N 2. Pp. 11–13.
5. Tiunov L.A., Kustov V.V. Toksikologiya okisi ugleroda [Carbon monoxide toxicology]. Moskva. 1980. 286 p.
6. Tsuglenok N.V., Tsai Yu. T. Mekhanizm toksicheskogo vozdeistviya okisi ugleroda na organizm pozharnogo [The mechanism of the toxic effect of carbon monoxide on the body of a firefighter]. *Vestnik KrasGAU* [The Bulletin of KrasGAU]. 2006. N 5. Pp. 275–278.
7. Olas V. Carbon monoxide is not always a poison gas for human organism: Physiological and pharmacological features of CO. *Chem. Biol. Interact.* 2014. Vol. 5, N 222. Pp. 37–43. DOI: 10.1016/j.cbi.2014.08.005.

Received 01.12.2020

**For citing.** Myasnikov D.V., Avitsov P.V., Zolotukhin A.V., Barinov M.F. Metodicheskii podkhod k opredeleniyu dopustimogo vremeni raboty spasatelei v usloviyakh intermitiruyushchego deistviya ugarnogo gaza. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh*. 2021. N 1. Pp. 82–88. (In Russ.)

Myasnikov D.V., Avitsov P.V., Zolotukhin A.V., Barinov M.F. Methodical approach to determining permissible time limits of intermittent carbon monoxide exposure in rescuers. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. 2021. N 1. Pp. 82–88. DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-1-82-88