

Л.А. Бударина, В.С. Рукавишников, И.В. Кудяева, Н.В. Ефимова

РИСК РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННО ОБУСЛОВЛЕННЫХ НАРУШЕНИЙ ЗДОРОВЬЯ У ПОЖАРНЫХ ПРИ ОСТРОМ И ХРОНИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ

АФ – НИИ медицины труда и экологии человека ГУ НЦ МЭ ВСНЦ СО РАМН (Ангарск)

В статье представлены результаты оценки риска развития нарушений различных систем у пожарных при воздействии токсических агентов, образующихся в результате горения. Рассчитаны индексы опасности компонентов продуктов горения суммарного острого и хронического ингаляционного поступления при комбинированном действии на критические органы и системы.

Ключевые слова: пожарные, индекс опасности химического агента, острое и хроническое ингаляционное воздействие

DEVELOPMENT RISK OF PRODUCTION-CAUSED HEALTH DISORDERS IN FIRE FIGHTERS IN ACUTE AND CHRONIC EXPOSURE TO HARMFUL SUBSTANCES

L.A. Budarina, V.S. Rukavishnikov, I.V. Kudayeva, N.V. Efimova

Institute of Occupational Health and Human Ecology, Scientific Center of Medical Ecology, Eastern-Siberian Scientific Center, Siberian Division of RAMS, Angarsk

The assessment results of development risk of different system disorders in the fire fighters exposed to the toxic agents resulted from the combustion are presented in this paper. The danger indices of combustion product components of the summary acute and chronic inhalation intake in combined influence on the target organs and system have been calculated.

Key words: fire fighters, chemical agents, danger index, acute and chronic inhalation exposure

Состояние здоровья человека и его работоспособность во многом определяются характером его трудовой деятельности и условиями ее выполнения. Проблема оценки уровня индивидуально-здоровья лиц, подвергающихся высоким психоэмоциональным, химическим или физическим нагрузкам, и контроля за его изменениями приобретает все большее значение. Среди них одно из первых мест по степени опасности и вредного воздействия на организм занимает профессия пожарного. Установлено, что в продуктах горения содержится до ста видов химических соединений, в связи с широким применением в быту и промышленности полимерных синтетических материалов. Образующийся при термическом разложении широкий спектр токсических соединений может оказывать вредное действие на человека и способен вызвать отравления и даже гибель людей [11, 12]. Кроме токсического воздействия ведущими и специфическими факторами работы сотрудников противопожарных служб являются экстремальные нагрузки: повышенная степень ответственности, постоянное нахождение в условиях эмоционально отрицательной информации, риск для собственной жизни и ответственность за безопасность других людей, что в совокупности формирует психоэмоциональный стресс у подавляющего большинства пожарных [2]. Анализ заболеваемости с временной утратой трудоспособности пожарных позволил выявить заболевание, отнесенные к категории производственно обусловленных, ведущим фактором формирова-

ния которых является профессиональная деятельность — это болезни органов дыхания, пищеварения, системы кровообращения, костно-мышечной системы, а также заболевания нервной системы и психические расстройства [8, 9]. Подобные нарушения в состоянии здоровья были выявлены у пожарных, участвовавших в ликвидации пожара на заводе «Иркутсккабель» в 1992 г. Пострадавшим пожарным был выставлен диагноз острого отравления комплексом токсических веществ, образовавшихся в результате горения склада готовой продукции. Первичные ответы на острое токсическое воздействие характеризовались поражением верхних дыхательных путей — в 54,3 % случаев наблюдались явления острого ринита, фаринголарингита, трахеита или трахеобронхита легкой и средней степени тяжести. Неврологические нарушения укладывались в клиническую картину токсической астении с вегетативной дисфункцией (48,6 %). Изменения со стороны желудочно-кишечного тракта (в 31,4 % случаев) проявлялись обострением имевшихся ранее хронических заболеваний. Поражения кожных покровов, встречавшиеся в 25,7 % случаев, протекали в виде острого контактного дерматита [5]. В отдаленном постпожарном периоде (спустя 8–10 лет) у ликвидаторов данного пожара в 68,7 % случаев установлен диагноз профессионального заболевания последствий острого отравления комплексом токсических веществ в виде токсической энцефалопатии и полиневропатии верхних и нижних конечностей.

Целью данной работы явился расчет риска возникновения производственно обусловленных нарушений здоровья у пожарных при остром и хроническом воздействии продуктов горения, наиболее часто встречаемых при пожарах.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Были обследованы практически здоровые сотрудники отрядов Государственной противопожарной службы (ОГПС) Ангарского гарнизона, отличающихся по количеству экстремальных ситуаций, в которых они принимали участие. Группу 1 составили бойцы ОГПС-7 (37 человек), группу 2 – бойцы ОГПС-10 (30 человек). Возраст обследованных колебался в пределах от 26 до 55 лет.

Оценка вредности и опасности условий труда, тяжести и напряженности трудового процесса проводилась в соответствии с «Гигиеническими критериями оценки и классификации условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса» Р 2.2.2006 – 05 [10]. Для оценки напряженности трудового процесса были использованы материалы хронометражных наблюдений во время 40 дежурных смен [3, 4]. Анализ отобранных проб на 85 пожарах проведен в лаборатории физико-химических методов исследования АФ-НИИ медицины труда и экологии человека в соответствии с утвержденными методиками [1].

Для оценки воздействия химического фактора рассчитали суммарный индекс опасности HI для веществ, обладающих однонаправленным действием, который определяли по формуле:

$$HI = \sum HQ, \text{ где}$$

HQ – коэффициент опасности для отдельных веществ при остром ингаляционном воздействии, обладающих эффектом суммации.

Коэффициент опасности для отдельного вещества при остром ингаляционном воздействии находили по формуле:

$$HQ = AC/RfCa, \text{ где}$$

AC – средняя концентрация, мг/м³

RfCa – референтная концентрация при остром ингаляционном воздействии, мг/м³.

Для расчета средних суточных потенциальных доз в условиях хронической экспозиции использовали формулу:

$$ADD = [C \times CR \times ED \times EF] / [BW \times AT \times 365]$$

ADD – средняя суточная доза, мг/(кг×день),

C – концентрация вещества в загрязненной среде, мг/м³,

CR – скорость поступления, м³/день,

ED – продолжительность воздействия, лет,

EF – частота воздействия, дней/год,

BW – масса тела человека, кг,

AT – период усреднения экспозиции, лет [7].

Обработку полученных результатов проводили при помощи пакета статистических программ «Statistica 5.5».

РЕЗУЛЬТАТЫ

Проведенные исследования профессиональной деятельности бойцов ОГПС показали, что лица из первой группы ежегодно принимали участие в ликвидации 12 – 23 пожаров с площадью горения от 2 до 60 м², временем локализации и ликвидации очага возгорания от 4 до 55 мин. Обследуемые из второй группы участвовали в ежегодном тушении 226 – 260 пожаров, с площадью горения от 3 до 300 м² и временем ликвидации 1 – 116 мин. Анализ проб воздуха зон задымления позволил определить спектр токсичных продуктов горения и их количественное содержание. Наиболее часто встречались такие вещества как оксид углерода, диоксиды серы и азота, формальдегид, углеводороды, ацетон, бензол, толуол, хлороводород, винилхлорид. Максимально разовые концентрации этих веществ в 50 – 100 % превышали ПДК [1]. Для оценки вредного воздействия токсических веществ использовали наиболее часто встречающиеся максимально разовые концентрации (Mo) с 95 % доверительным интервалом.

Следует учитывать, что такие вещества как оксид углерода, диоксиды азота и серы, формальдегид, также бензол и толуол обладают эффектом суммации, что усугубляет их вредное воздействие на организм пожарных, следовательно, целесообразно оценивать относительный вклад факторов экспозиции данных химических веществ в суммарную химическую нагрузку на здоровье пожарных. При горении различных материалов (горюче-смазочных, древесно-стружечных и волокнистых плит, резины, изделий из поливинилхлорида и полистирола и т.д.) на объектах выделялось разное количество токсических веществ. Соотношение воздействующих концентраций токсикантов к их безопасному уровню воздействия определили коэффициенты опасности этих веществ. Так как при воздействии компонентов смеси на одни и те же органы и системы организма наиболее вероятным типом их комбинированного действия является аддитивность, были проведены расчеты индексов опасности [6].

В результате оценки риска развития неблагоприятных эффектов были выделены приоритетные органы и системы, которые в наибольшей степени могли быть поражены при воздействии продуктов горения (табл. 1). При остром ингаляционном воздействии это – органы дыхания, сердечно-сосудистая и кроветворная системы, гепатобилиарная и центральная нервная системы.

Эти данные согласуются с результатами анализа заболеваемости с временной утратой трудоспособности (ЗВУТ). В структуре ЗВУТ преобладали случаи заболеваний органов дыхания, пищеварения и кровообращения (рис. 1), которые могут быть связаны с воздействием токсических продуктов горения. Причиной высокого

Таблица 1

Индексы опасности токсических веществ, обнаруженных при ликвидации пожаров в соответствии с Р 2.1.10.1920 – 04, при остром ингаляционном воздействии

Наименование вещества	Mo, мг/м ³	RfC _a мг/м ³	HQ	Критические органы / системы
Углерода оксид	32,2	23,0	1,4	Сердечно-сосудистая, кровь, ЦНС
Серы диоксид	12,8	0,66	19,4	Органы дыхания
Азота диоксид	2,8	0,47	6,0	Органы дыхания, кровь
Формальдегид	3,40	0,048	70,8	Органы дыхания, глаза
Бензол	12,3	0,15	82,0	Сердечно-сосудистая, иммунная, кровь
Толуол	14,5	3,8	3,8	Органы дыхания, ЦНС, глаза
Хлороформ	4,9	0,49	10	Органы дыхания
Винилхлорид	5,50	1,30	4,23	Сердечно-сосудистая, ЦНС, печень, почки
Цианистый водород	0,20	0,30	0,67	ЦНС
Водорода хлорид	12,95	2,1	6,17	Органы дыхания
Ацетон	30,10	62	0,49	ЦНС, печень, почки, кровь
Тетрахлорметан	7,40	1,3	5,69	Печень, репродуктивная функция
Суммарный риск	HI для сердечно-сосудистой системы		87,63	
	HI для органов дыхания		116,17	
	HI для печени		10,41	
	HI для ЦНС		10,59	
	HI для крови		89,89	

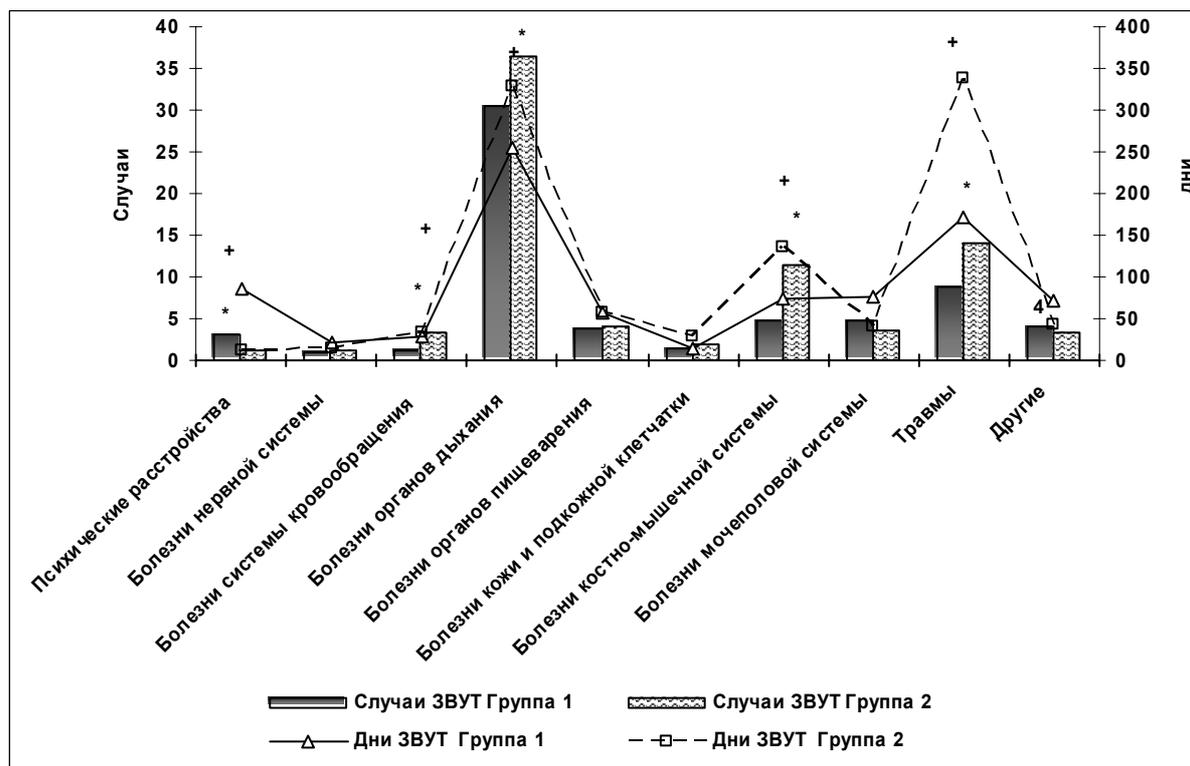


Рис. 1. Уровни заболеваемости пожарных по данным ЗВУТ на 100 круглогодичных лиц. Примечание: различие между группами достоверно ($p < 0,05$ по t-критерию Стьюдента); * – по случаям; + – по дням нетрудоспособности.

уровня болезней костно-мышечной системы и травм, наряду с другими воздействующими факторами, могут служить интенсивные физические нагрузки.

При хроническом ингаляционном пути поступления токсикантов наиболее подверженными их воздействию оказались органы дыхания, центральная нервная система, иммунная, гепа-

Таблица 2

Индексы опасности токсических веществ, обнаруженных при ликвидации пожаров в соответствии с Р 2.1.10.1920 – 04, при хроническом ингаляционном воздействии

Наименование вещества	Mo мг/м ³	ADD мг/кг×день	RfC _c	RfD	HQ	Критические органы / системы
Углерода оксид	32,2	0,264	3,00	0,840	0,3	ССС, кровь, ЦНС
Серы диоксид	12,8	0,105	0,05	0,014	7,5	Органы дыхания
Азота диоксид	2,8	0,023	0,04	0,011	2,1	Органы дыхания, кровь
Формальдегид	3,4	0,028	0,003	0,0008	33,3	Органы дыхания, глаза, иммунная
Бензол	12,3	0,101	0,03	0,008	12,0	ССС, иммунная, ЦНС, кровь
Толуол	14,5	0,119	0,4	0,112	1,1	Органы дыхания, ЦНС, глаза
Хлороформ	4,9	0,040	0,10	0,027	1,5	Печень, почки, ЦНС
Винилхлорид	5,5	0,045	0,10	0,028	1,6	ССС, ЦНС, печень, почки
Цианистый водород	0,20	0,002	0,003	0,0008	2,4	ССС, ЦНС, щит. железа
Водорода хлорид	13,0	0,107	0,02	0,006	19,1	Органы дыхания
Ацетон	30,1	0,247	31,2	8,74	0,03	ЦНС, печень, почки, кровь
Тетрахлорметан	7,40	0,061	0,04	0,011	5,4	Печень, почки, ЦНС
Сумма углеводородов	18,7	0,153	0,071	0,020	7,7	Печень, почки, ЦНС, органы дыхания
Суммарный риск	НИ для ССС		22,2			
	НИ для органов дыхания		70,8			
	НИ для печени		16,2			
	НИ для ЦНС		32,0			
	НИ для крови		14,1			
	НИ для иммун. сист.		45,3			

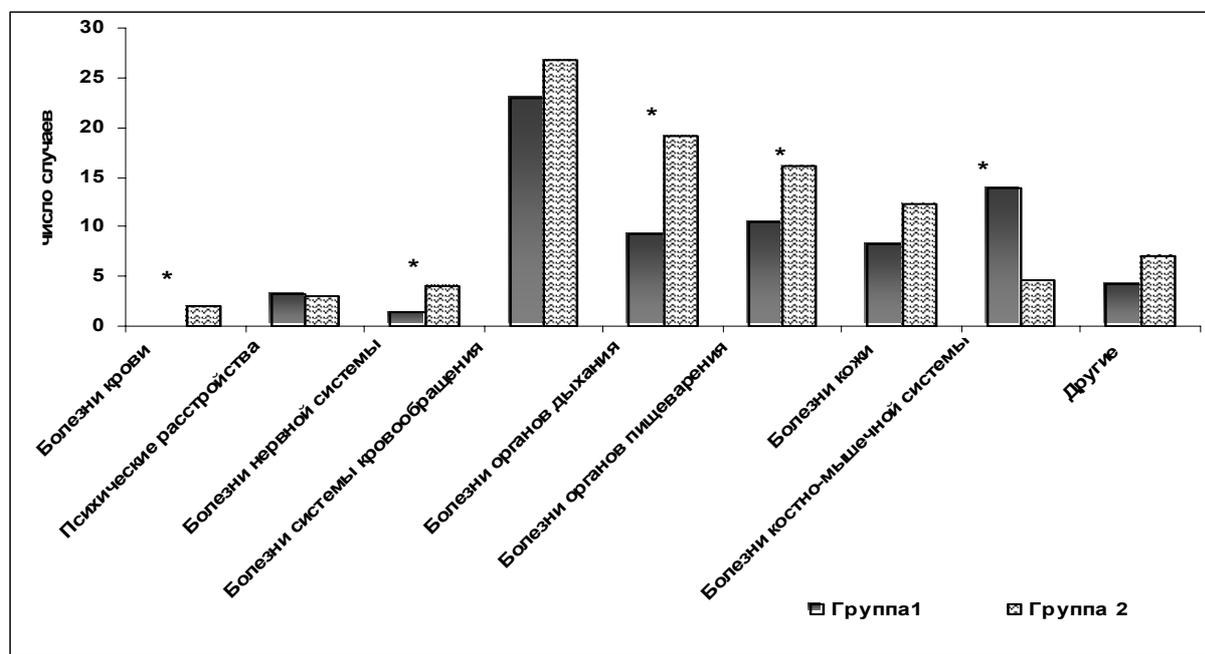


Рис. 2. Уровни заболеваемости пожарных по результатам углубленного медицинского осмотра (случаев на 100 осматриваемых). Примечание: * – различие между группами достоверно ($p < 0,05$ по t -критерию Стьюдента).

тобилиарная и сердечно-сосудистая системы (ССС) (табл. 2). Учитывая то, что уровни безопасного воздействия не должны превышать единицу [6, 7], полученные нами значения НИ и HQ

можно рассматривать как экстремальные уровни риска.

Для установления весомости хронического воздействия токсикантов на здоровье бойцов

противопожарной службы был проведен анализ уровней хронической заболеваемости по данным углубленного медицинского осмотра (рис. 2), которые отличались от соответствующих показателей ЗВУТ. Так, наиболее высокие уровни заболеваемости выявлены по классам болезней сердечно-сосудистой, дыхательной и пищеварительной систем. Следует отметить, что число случаев заболеваний органов дыхания, пищеварения и нервной системы было достоверно выше у лиц, чаще участвующих в ликвидации очагов возгораний (группа 2), а болезни костно-мышечной системы встречались достоверно чаще у обследуемых из первой группы.

Таким образом, индексы опасности токсических веществ при остром и хроническом воздействии существенно различаются и могут вызывать различные уровни риска развития производственно обусловленных нарушений здоровья в основных критических органах и системах пожарных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дорогова В.Б. Санитарно-химическая оценка современных очагов пожара: решенные вопросы и проблемы / В.Б. Дорогова, И.В. Колычева, Н.А. Тараненко // Профессия и здоровье: Мат. VI Всероссийского конгресса, Москва, 30 октября — 1 ноября 2007. — М.: Дельта, 2007. — С. 81 — 82.
2. Колычева И.В. К оценке напряженности трудового процесса у лиц опасных профессий / И.В. Колычева, Г.М. Бодиенкова, А.В. Лизарев // Бюлл. ВСНЦ СО РАМН. — 2005. — № 2 (40). — С. 40 — 45.
3. Колычева И.В. Характеристика условий труда и оценка состояния здоровья пожарных / И.В. Колычева, В.А. Панков, В.Б. Дорогова и др. // Мед. труда и промышленная экология. — 2003. — № 3. — С. 24 — 27.
4. Критерии установления уровней минимального риска здоровью населения от загрязнения окружающей среды. Методические рекомендации Мос МР 2.1.9.001 — 03. — М., 2003. — 26 с.
5. Методы диагностики при периодических медицинских осмотрах трудящихся. Токсические поражения нервной системы / В.Г. Колесов, О.Л. Лахман, Е.В. Катаманова и др. // Методические рекомендации. — Иркутск, 2005.
6. Онищенко Г.Г. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду / Г.Г. Онищенко, С.М. Новиков, Ю.А. Рахманин и др. — М.: НИИ ЭЧ и ГОС, 2002. — 408 с.
7. Расчет доз при оценке риска многосредового воздействия химических веществ. Методические рекомендации Мос МР 2.1.9.003 — 03. — М., 2003. — 28 с.
8. Рукавишников В.С. Медицина труда пожарных: итоги и перспективы исследований / В.С. Рукавишников, И.В. Колычева // Медицина труда и пром. экология. — 2007. — № 6. — С. 1 — 5.
9. Рукавишников В.С. Реконструкция возможного влияния вредных веществ на пожарах по результатам анализа биологических сред / В.С. Рукавишников, И.В. Колычева // Профессия и здоровье: Мат. VI Всероссийского конгресса, Москва, 30 октября — 1 ноября 2007. — М.: Дельта, 2007. — С. 205 — 206.
10. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. Р 2.2.2006 — 05 // Бюл. норм. и метод. документов Госсанэпиднадзора. — 2005. — Вып. 3 (21). — 143 с.
11. Kales S.N. Medical surveillance of hazardous materials response fire fighters: a two-year prospective study / S.N. Kales, G.N. Polyhronopoulos, D.C. Christiani // Hawaii Med. J. — 1991. — Vol. 50 (3). — P. 82 — 85.
12. Witt M. Fire fighters as a high-risk group of pathological changes in the respiratory tract / M. Witt // Appl. Ergon. — 2007. — Vol. 38 (1). — P. 45 — 52.