

Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего профессионального образования «Дальневосточный государственный Университет путей сообщения»

Естественно-научный институт  
Кафедра «Техносферная безопасность»

## ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ВО ВЗАИМОСВЯЗИ С КОНЦЕНТРАЦИЕЙ ТОКСИЧНЫХ И РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ВОЛОСЯНОГО ПОКРОВА ПОЖАРНЫХ ГОРОДА ХАБАРОВСКА



**Рисунок 1** — Рабочий момент, включение теста на устройстве «Психофизиолог»

**Выполнил:**

студент 4 курса,

Скворцов Данила Александрович

**Научные руководители:**

д.б.н., проф. каф.

«Техносферная безопасность»

Целых Екатерина Дмитриевна

д.б.н., проф. каф.

«Техносферная безопасность»,

директор Института ЕНИ ДВГУПС

Ахтямов Мидхат Хайдарович

Хабаровск, 2025

## **АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОБЛЕМЫ**

**Работа пожарных связана со значительным физическим и нервно-психическим напряжением, вызванным высокой степенью личного риска, ответственностью за людей, материальные ценности, необходимостью принятия решения в условиях дефицита времени.**

**Согласно методическим требованиям (Приложение к методическим рекомендациям по проведению мониторингового психодиагностического обследования в системе МЧС России, 2016), пожарные перед вступлением в караул должны пройти мед. обследование для определения значимых параметров жизнедеятельности, в том числе функционального состояния. Однако, изменение функционального состояния в период ликвидации ЧС никем не исследовалось.**

**Длительное бессимптомное изменение характеристик АД приводит к развитию дизадаптивных реакций, преимущественно по типу когнитивных нарушений, способствует возникновению страха и депрессии, независимо от пола и возраста.**

**По данным современных исследований, в пробах волос пожарных-спасателей, по сравнению со специалистами спасательных формирований, содержат более высокие показатели концентраций ряда токсичных элементов: кадмия, рубидия, серебра и стронция, накопление которых связано контактом с продуктами горения (Харламычев Е.М., 2013), что негативно сказывается на состоянии здоровья пожарных-спасателей.**

**По данным российских ученых, риск гибели пожарного в РФ за год оценивается на уровне  $\approx 19$  человек на 10 тыс. пожарных за год (Дедюн С.В., Воронова В.В., отв. ред. Э.А. Дмитриев, 2016). В г. Хабаровске на смертность пожарных составила 36 человек на 10 тыс. за год, но не в результате гибели, а как следствие профессиональных заболеваний, в основном ССС (Данные о смертности пожарных запрашивались в бюро медицинской статистики КГКУЗ «МИАЦ» МЗ ХК).**

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** оценка индикаторных психофизиологических характеристик (стратегический и оперативный контроль) во взаимозависимости с концентрацией токсичных и радиоактивных элементов твердого биосубстрата в группе пожарных города Хабаровска.

### **ЗАДАЧИ**

**1.** Определить индикаторные психофизиологические характеристики: систолическое давление, диастолическое давление, пульсовое давление, частоту сердечных сокращении пожарных-спасателей – оперативный контроль в условиях несения службы.

**2.** Найти показатель «функционального состояния» пожарных-спасателей – стратегический контроль в условиях несения службы.

**3.** Определить количественный и качественный состав токсичных и радиоактивных микроэлементов в волосяном покрове головы мужчин-пожарных.

**4.** Установить достоверность корреляционных взаимосвязей индикаторных психофизиологических характеристик (стратегический и оперативный контроль) с токсичными и радиоактивными элементами волосяного покрова головы пожарных города Хабаровска.

**ГИПОТЕЗА ИССЛЕДОВАНИЯ.** Измерение индикаторных психофизиологических характеристик: уровня ФС, САД, ДАД, ПД, ЧСС, а также многоэлементный анализ содержания токсичных и радиоактивных микроэлементов в твердом биосубстрате во взаимосвязи с характеристиками стратегического и оперативного контроля при заступлении в караул, позволит определить группу риска, а регистрация изменения пульсового давления во время ликвидации ЧС должно являться сигналом для выведения пожарного из опасной зоны.

# ОБЪЕМ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проходило в условиях:

- 1) несения службы при отсутствии ЧС;
- 2) тренировки: до начала тренировки (контроль);
- 3) сразу после тренировки;
- 4) до/после ликвидации ЧС.

Проведено физиолого-гигиеническое исследование. Обследованы параметры сердечно-сосудистой (ССС) и дыхательной системы (ДС), пожарных, работающих в 4ПЧ ФГБУ «10 отряд ФПС ГПС по Хаб. краю», «30 ПСЧ 21 ОФПС ГУ МЧС РФ по Хаб. краю», «3 ПСЧ 21 ОФПС ГУ МЧС РФ по Хаб. Краю», «1 ПСЧ 21 ОФПС ГУ МЧС РФ по Хаб. краю», «2 ПСЧ 21 ПСО ФПС ГПС ГУ МЧС России по Хаб. краю», службе поискового и аварийно-спасательного обеспечения полетов АО «Хабаровский аэропорт», в возрасте  $34,46 \pm 2,01$  года ( $n=91$ ); средний стаж –  $8,03 \pm 1,24$  лет.

Использовалось следующее оборудование: Ангиоскан 01; Устройство психофизиологического тестирования — УПФТ–1/30 «Психофизиолог»; прибор для измерения артериального давления «OmronM2 Eсо».

Использовались общепринятые статистические методы анализа полученных данных



Рисунок 2 — Ангиоскан



Рисунок 3 — Устройство психофизиологического тестирования — УПФТ–1/30 «Психофизиолог».



Рисунок 4 — прибор для измерения артериального давления «OmronM2 Eсо»

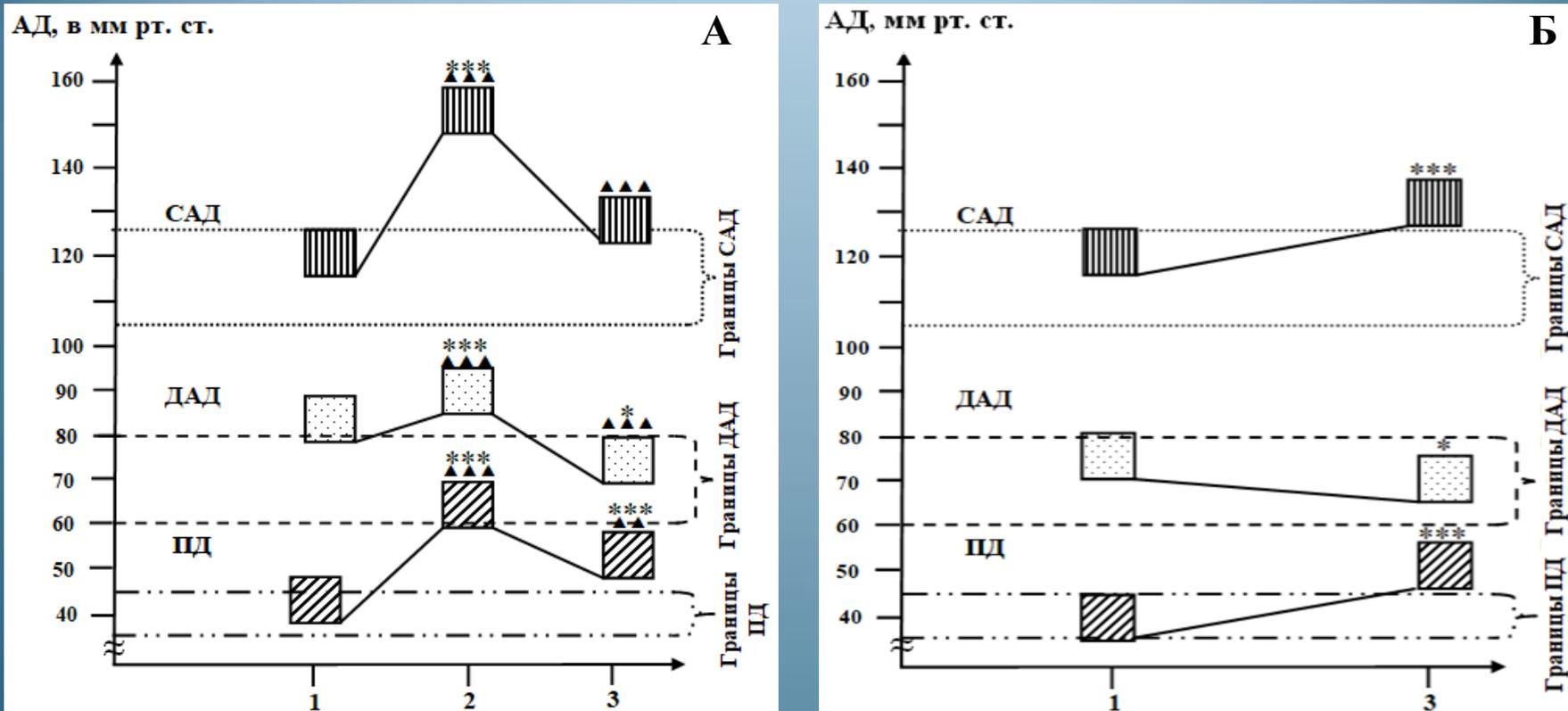
## ОБЪЕМ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ



**Рисунок 5** — Прибор ICP-MS ELAN DRC II PerkinElmer (США), с использованием которого проходил анализ образцов волосяного покрова пожарных-спасателей

Проведено определение содержания микроэлементов (**Mn, Fe, Cu, Mo, Zn, Co, Se, Th и U**) в волосах пожарных-спасателей на базе Хабаровского инновационно-аналитического центра Института тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой, с анализом образцов на приборе

# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ



**Рисунок 6** — Средние ( $M \pm m$ ) показатели АД пожарных-спасателей (без учета возрастной группы), ( $n=91$ )

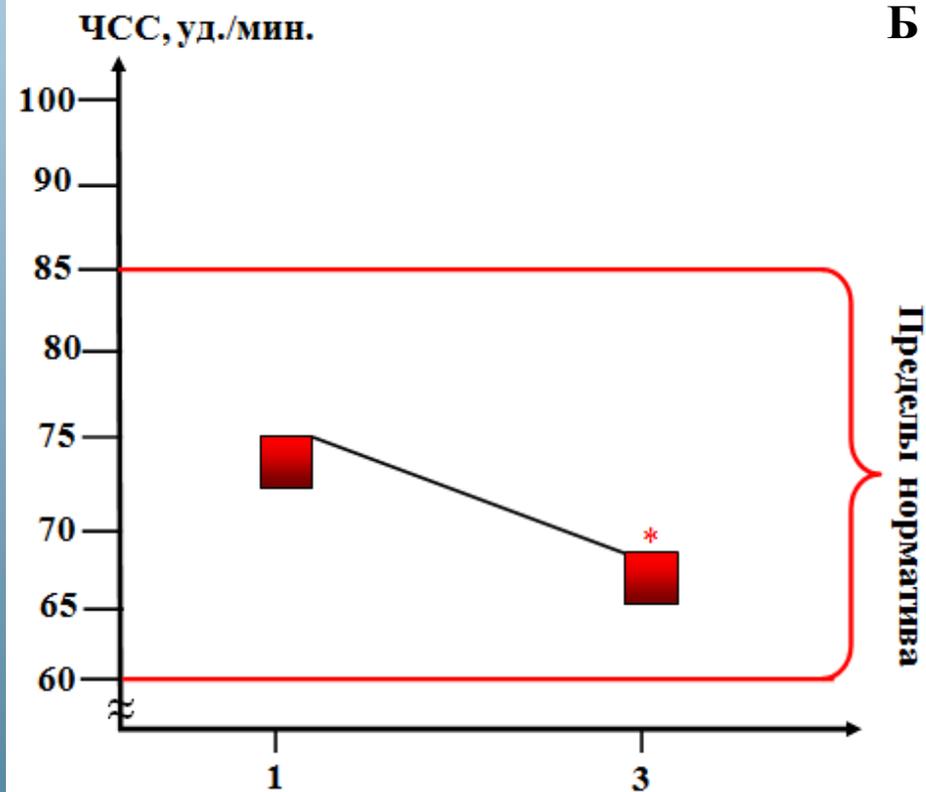
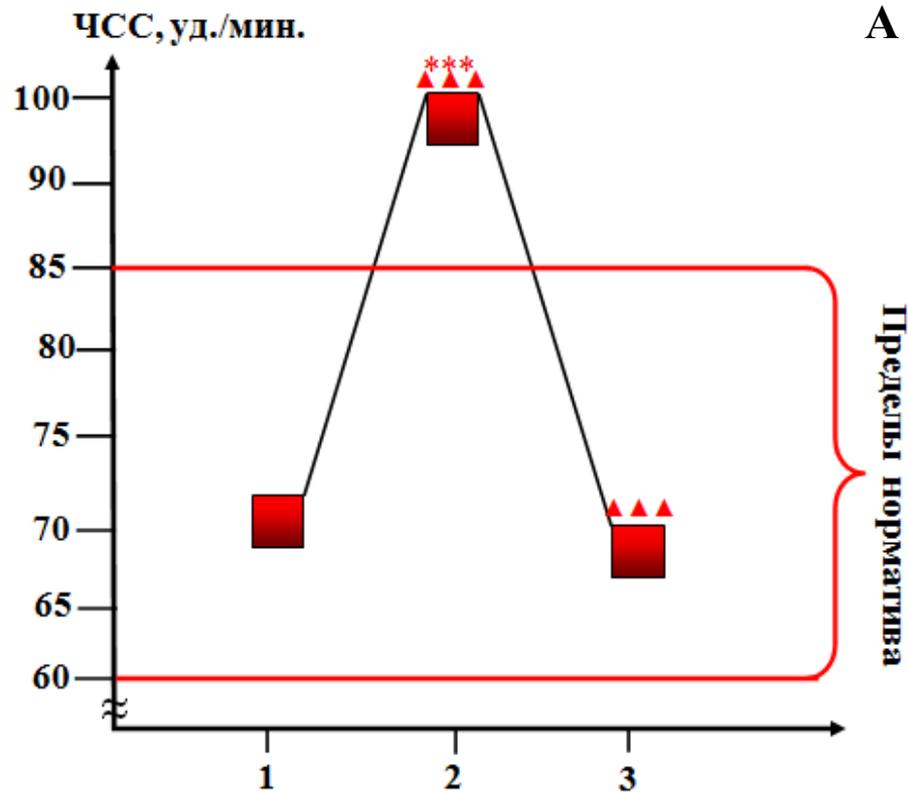
**Примечание:** а – в условиях тренировки: 1 – за 30 мин до начала тренировки; 2 – во время тренировки (через 40 мин от начала); 3 – через 60 мин после тренировки;

б – в условиях ликвидации ЧС: 1 – в состоянии относительного физиологического покоя (08.30 часов утра, после заступления на дежурство), 3 – через 60 мин после ликвидации ЧС

**Здесь и далее:** достоверность отличий значений, полученных в условиях 2 и 3 исследования, от значений, полученных в периоде физиологического покоя (условие 1), обеспечена следующими  $p$ -значениями: \* –  $p \leq 0,05$ ; \*\*\* –  $p \leq 0,001$ . Аналогично, достоверность различий значений характеристик, полученных в предыдущих и последующих условиях исследования, обеспечена: ▲▲ –  $p \leq 0,01$ ; ▲▲▲ –  $p \leq 0,001$ .

(Границы индикаторных характеристики ССС представлены по Н.А. Агаджаняну, И.Г. Власовой, Н.В. Ермаковой и др., 2000).

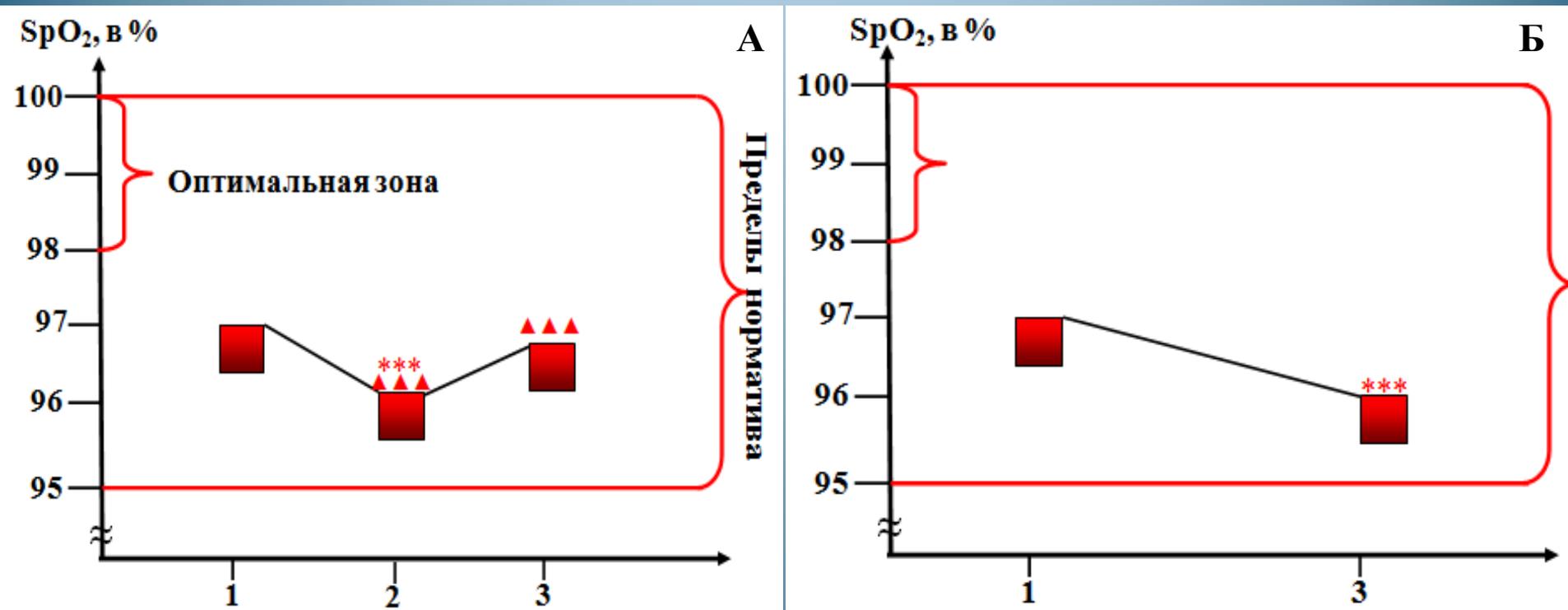
# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ



**Рисунок 7** — Средние ( $M \pm m$ ) показатели частоты сердечных сокращений пожарных в условиях тренировки (А) и ликвидации чрезвычайных ситуаций (Б) ( $n=91$ )

**Примечание:** здесь и далее: 1 — за 30 мин. до тренировки/в состоянии физиологического покоя; 2 — в середине тренировки (за 20 мин. до окончания); 3 — через 60 мин. после тренировки/ликвидации ЧС.

# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ



**Рисунок 8** — Средние ( $M \pm m$ ) показатели насыщенности крови кислородом у пожарных в условиях тренировки (А) и ликвидации чрезвычайных ситуаций (Б), ( $n=91$ )

Таблица 1

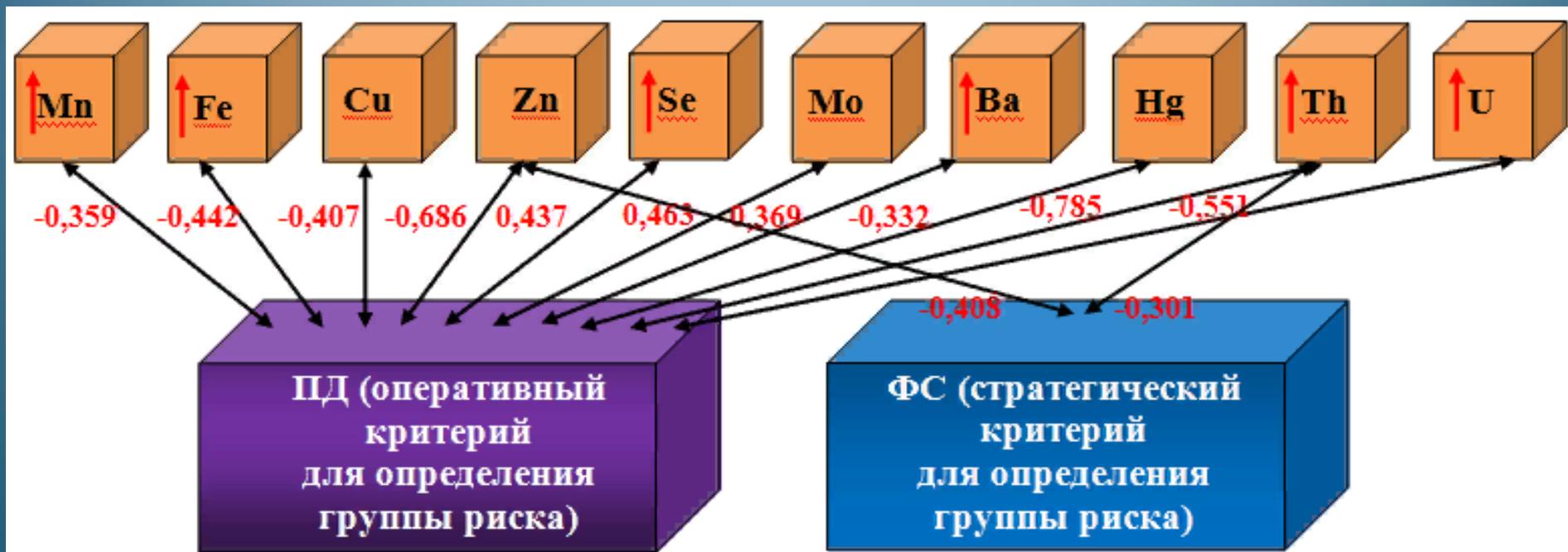
**Сравнительные показатели концентрации микроэлементов (M±m)  
в волосах подростков (n=44) и пожарных-спасателей (n=91) г. Хабаровска**

Элемент, пределы физиологического норматива, в мкг/г	Содержание элемента	
	Подростки 14-17 лет	Пожарные-спасатели
токсичные тяжелые металлы и металлоиды, пределы физиологического норматива		
Ртуть (Hg), (0,05-2,0)	0,01±0,003***	0,3±0,03
Марганец (Mn), (0,1-1,0)	<b>4,96±0,64*</b>	<b>7,01±0,65</b>
Железо (Fe), (5,0-25)	<b>165,57±3,068</b>	<b>164,01±15,50</b>
Цинк (Zn), (100-250)	258,45±17,58***	170,64±16,40
Барий (Ba), (0,2-1,0)	<b>2,24±0,09***</b>	<b>3,47±0,08</b>
Радиоактивные микроэлементы, пределы физиологического норматива		
Уран (U), (max. 0,003)	<b>0,006±0,001***</b>	<b>0,02±0,003</b>
Эссенциальные микроэлементы, пределы физиологического норматива		
Селен (Se), (0,5-1,5)	<b>0,171±0,031***</b>	<b>2,49±0,10</b>
Молибден (Mo), (0,02—0,15)	<b>0,006±0,001***</b>	<b>0,03±0,004</b>

**Примечание:** \* — показаны достоверные отличия между группами;

■ — показаны значительные отличия от границ норматива

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ



**Рисунок 10** — Достоверные коррелятивные взаимосвязи оперативного и стратегического критериев для определения групп риска с микроэлементами твердого биосубстрата, в том числе, токсичными, радиоактивными и эссенциальными

**Примечание:** ↑ — показан избыток микроэлемента в волосяном покрове мужчин-пожарных г. Хабаровска

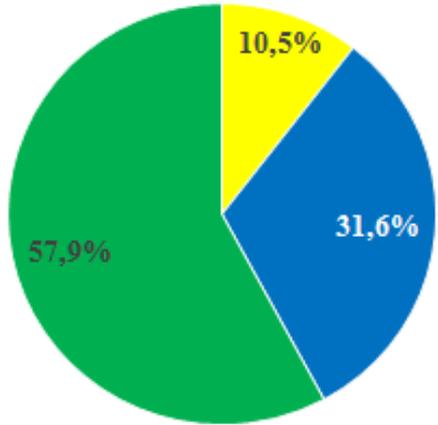


**Рисунок 11 – Пожарные во время тренировочного процесса**

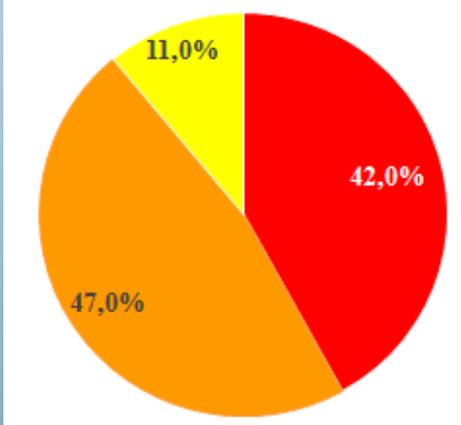


**Рисунок 12 — Пожарные-спасатели во время ликвидации ЧС**

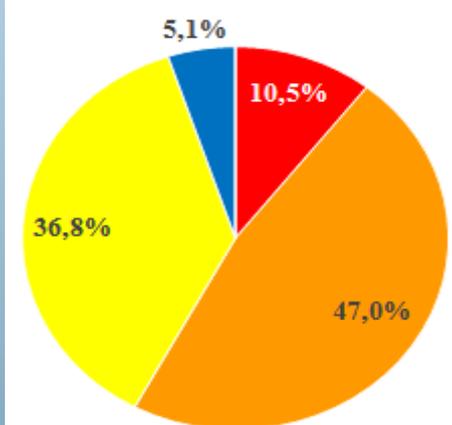
**А**



до тренировки

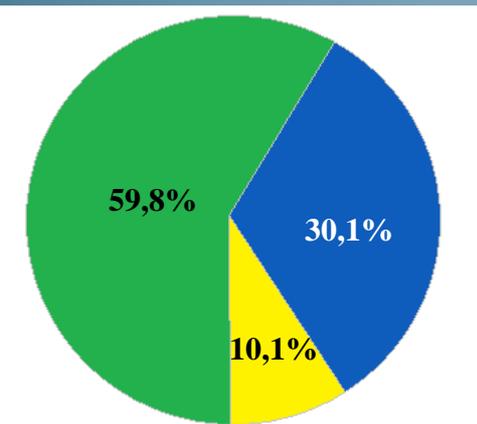


во время тренировки

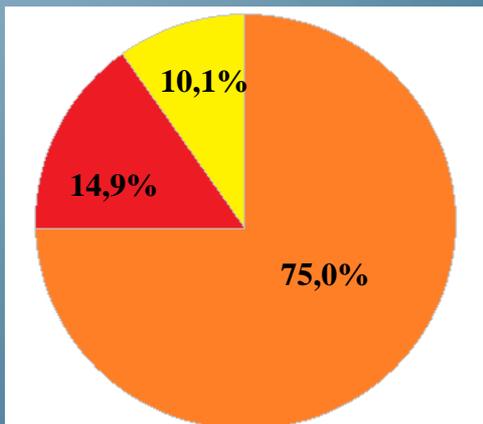


после тренировки

**Б**



до пожара



после пожара

**Рисунок 13** — изменение функционального состояния при различных видах деятельности пожарных: во время тренировочного процесса (А) и ликвидации ЧС (Б), (в %)

**Примечание:** ■ 1 ■ 2 ■ 3 ■ 4 ■ 5 ;

- 1 – негативное функциональное состояние;
- 2 – предельно-допустимое функциональное состояние;
- 3 – допустимое функциональное состояние;
- 4 – близкое к оптимальному функциональное состояние;
- 5 – оптимальное функциональное состояние.

## Градации оценки функционального состояния

1 – негативное функциональное состояние	2 – предельно-допустимое функциональное состояние	3 – допустимое функциональное состояние	4 – близкое к оптимальному функциональное состояние	5 – оптимальное функциональное состояние
<p>Тахикардия с выраженной синусовой аритмией. Низкий уровень функциональных возможностей и психофизиологических резервов. Резкое функциональное усиление парасимпатического отдела ВНС. Дисбаланс регуляторных систем. Целесообразна консультация кардиолога.</p>	<p>Близкое к расслабленному, расслабленное состояние. ЧСС ниже/выше средних значений. Напряжение регуляторных систем. Низкий уровень функциональных возможностей.</p>	<p>Активность парасимпатического отдела ВНС. Сниженный уровень функциональных возможностей. Брадикардия при оптимальном сердечном ритме. Для физически тренированного человека может являться вариантом нормы с учетом адаптации к большим физическим нагрузкам. Умеренное напряжение регуляторных систем.</p>	<p>Нормокардия, ЧСС ниже средних значений в сочетании с оптимальным сердечным ритмом. Сбалансированное влияние механизмов регуляции. Высокий уровень функциональных возможностей.</p>	<p>Нормокардия в сочетании с оптимальным синусовым ритмом. Сбалансированное влияние парасимпатического и симпатического отделов нервной системы. Высокий уровень функциональных возможностей и психофизиологических резервов.</p>

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ  
СОСТОЯНИЕ

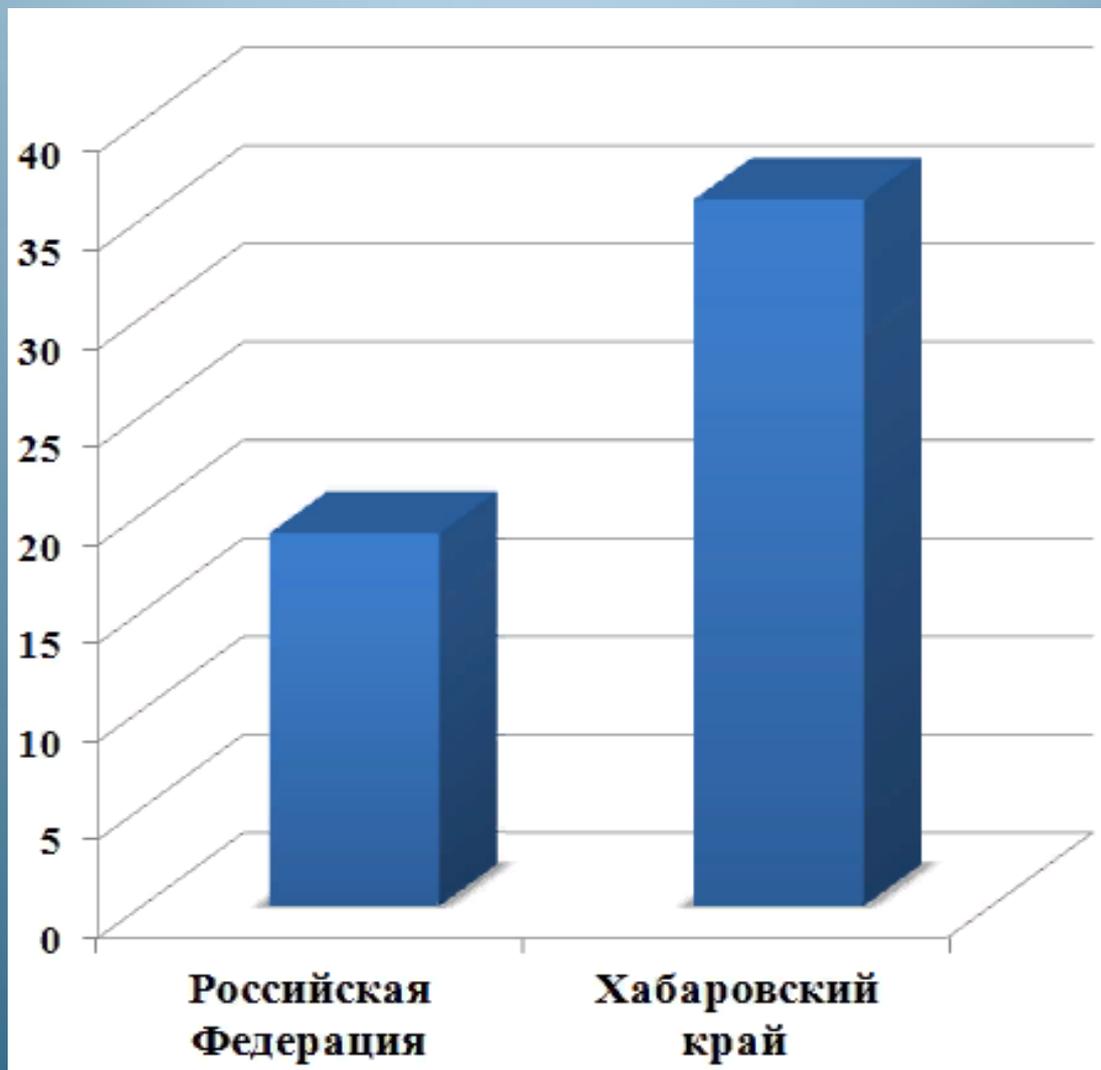
-0,633 (А)

-0,489 (Б)

ПУЛЬСОВОЕ  
ДАВЛЕНИЕ

Разница между  
САД и ДАД является  
объективной  
информативной  
характеристикой  
состояния вегетативной  
нервной системы

**Рисунок 14** - Достоверная коррелятивная взаимосвязь между пульсовым давлением и функциональным состоянием после тренировочного процесса (А) и после ликвидации чрезвычайной ситуации (Б), как подтверждение рассогласования регуляционных процессов вегетативной нервной системы



**Рисунок 15** — Согласно данным Дедюна С.В., Вороновой В.В., (2016), риск гибели пожарного в РФ за год оценивается  $\approx 19$  человек на 10 тыс. пожарных. В г. Хабаровске 36 человек на 10 тыс. пожарных за год, но смертность не в результате гибели, а как следствие профессиональных заболеваний, в основном ССС

## **Меры профилактического и коррекционного воздействия для стабилизации ПД и ФС на уровне норматива:**

**1. Пребывание в спокойной, лишенной резких звуков среде благотворно влияет на снижение ПД (Оришко И.Г., Авдюшенко С.А., 2019).**

**2. Положительные эффекты кратковременного сна: 5–15 минут (практически незамедлительный эффект); более 30 минут оказывает более продолжительное действие и проявляется через некоторое время после пробуждения (Дмитренко А.Р., Авдюшенко С.А., 2019).**

**3. Ежедневный прием 5 мг фолата (витамина В<sub>9</sub>) в течение трех недель снижает пульсовое давление и является эффективной добавкой, которая воздействует на жесткость крупных артерий (Кэролин У., Бронвин К. А, Кевин Б., 2005).**

**Занятия спортом укрепляют сердечную мышцу и как следствие увеличивают сердечный выброс, что в теории может привести к повышению САД, ДАД будет увеличиваться пропорционально. В условиях регулярных занятий спортом каких-либо изменений со стороны пульсового давления не выявлено (Головенкин Г.Д., Бяков И.С., 2020).**

## **Выводы**

**1. Определены характеристики ССС, определяемые до-, во время и после тренировки/ликвидации ЧС: показатель ПД увеличился на 9,1-9,6 мм рт. ст., в сравнении с верхней границей норматива, без восстановления после тренировки и ликвидации ЧС.**

**2. ФС пожарных до тренировки/ликвидации ЧС определялось как оптимальное у большинства пожарных (57,9-59,8, соответственно); после тренировки/ликвидации ЧС у большей половины спасателей отмечено «предельно допустимое ФС» (47-75%, соответственно), которые не наблюдались ранее; в большом количестве наблюдений отмечено «негативное ФС (47-75%, соответственно). Состояние ПД и/или ФС пожарных может быть триггером для безопасности самого пожарного, что дает возможность предположить увеличение случаев «негативного функционального состояния до 50 и более %».**

**3. Определена достоверная корреляционная взаимосвязь между ФС и ПД после тренировочного процесса и ликвидации ЧС, как подтверждение рассогласования регуляторных процессов ВНС.**

**4. Для определения мер профилактики и коррекции определены взаимосвязи ПД с низким содержанием в суточном рационе: воды, магния, калия, В<sub>1</sub>, белков, углеводов, клетчатки и энергетической стоимости питания, с высоким содержанием железа.**

**Спасибо за внимание!**

**ВЫРАЖАЕМ ОСОБУЮ БЛАГОДАРНОСТЬ**

**научным руководителям:**

**доктору биологических наук, доценту, профессору кафедры**

**«Техносферная безопасность»**

**Целых Екатерине Дмитриевне**

**директору Института ЕНИ ДВГУПС**

**Ахтямову Мидхату Хайдаровичу**

