4. *Izmerova N.I., Plyukhin A.E., Kuz'mina L.P.* Evaluating quality and efficiency of medical examinations of workers // Industr. med. — 2008. — 6. — P. 8–12 (in Russian).

 $5.Kaptsov\ V.A.$  Work and health of medical professionals as an occupational medical problem. In: V.A. Kaptsov // Med. pomoshch. — 2004. — 2. — P. 13–15 (in Russian).

6.Kaybyshev V.T. Occupationally determined lifestyle and health of doctors in contemporary Russia // Meditsina truda i prom. ekologiya. — 2006. — 12. — P. 21–26 (in Russian).

7. Kosarev V.V. Medical profession and health. In: V.V. Kosarev, G.F. Vasyukova, S. A. Babanov // Vrach. — 2008. — 3. — P. 75–78 (in Russian).

8. Lisitsyn Yu.P. Public health and medicine. In: Yu.P. Lisitsyn, G.E. Ulumbekova. — Moscow: GEOTAR-Media, 2011. — 544 p (in Russian).

9. Perepelitsa D.I. Social hygienic aspects of health care for medical staffers. Diss. Kemerovo, 2007; 24 p (in Russian).

10. Shchepin O.P. On personnel policy in health care of Russian Federation. In: O.P. Shchepin, V.O. Shchepin, I.A. Kupeeva, V.S. Nechaev // Byulleten' Natsional'nogo nauchno-issledovatel'skogo instituta obshchestvennogo zdorov'ya. — 2013. — 1. — P. 24–27 (in Russian).

Поступила 13.02.2018

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Труфанова Нина Леонидовна (Trufanova N.L.), зав. научно-консульт. поликлинич. отд. Клиники профессиональных заболеваний ФБУН «Новосибирский НИИГ»

Роспотребнадзора. E-mail: ngi@niig.su. Потеряева Елена Леонидовна (Poteryaeva E.L.),

проректор по лечеб. работе, зав. каф. неотложной терапии с профпатологией и эндокринологией ФПК и ППВ ФГБОУ ВО «НГМУ» Минздрава РФ. E-mail: sovetmedin@ yandex.ru.

УДК 614.84

Шантырь И.И., Яковлева М.В., Власенко М.А., Санников М.В., Харламычев Е.М.

# ИЗМЕНЕНИЯ БИОЭЛЕМЕНТНОГО СТАТУСА ПОЖАРНЫХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО РЕГИОНА

ФГБУ «Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова» МЧС России, ул. Оптиков, 54, Санкт-Петербург, РФ, 197082

Проведено исследование биоэлементного статуса пожарных, проживающих и работающих в Северо-Западном регионе РФ. Целью исследования была оценка биоэлементного статуса пожарных в зависимости от региона проживания и особенностей их труда. Выявлены региональные особенности биоэлементного статуса пожарных. Выявлен дефицит ряда жизненно необходимых биоэлементов (йод, селен, кобальт), а также накопление токсичных микроэлементов (никеля, серебра, кадмия, мышьяка, алюминия, свинца). Показаны отличия в содержании токсичных микроэлементов в зависимости от стажа работы и степени участия в пожаротушении.

Ключевые слова: биоэлементный статус; пожарные; трудовая деятельность

Shantyr I.I., Yakovleva M.V., Vlasenko M.A., Sannikov M.V., Kharlamychev E.M. **Changes in bioelemental state of firemen of North-West region.** Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia, 54, Optikov str., St. Petersburg, Russian Federation, 197082

The study covered bioelemental state of firemen living and working in North-West region of Russian Federation. The study was aimed to evaluate bioelemental state of firemen in dependence on residence area and on their work features. Regional features of firemen's bioelemental state were revealed. Findings are deficiency of some vitally important bioelements (iodine, selenium, cobalt) and accumulation of toxic microelements (nickel, silver, cadmium, arsenic, aluminium, lead). The authors demonstrated differences in contents of toxic microelements in dependence on length of service and degree of participation in fire-fighting.

**Key words:** bioelemental state; firemen; working activity

С развитием диагностических технологий появилась возможность расширить спектр исследований по оценке факторов профессионального риска нарушений здоровья лиц опасных профессий.

Определение элементов в биосредах в последнее время часто используется в гигиенических исследо-

ваниях, обследованиях и экспертизах для установления причинно-следственных связей между факторами окружающей среды и состоянием здоровья населения [2,3,5]. В настоящее время в медицине активно развивается учение о дисэлементозах — отклонениях в содержании химических элементов, вызванных эколо-

гическими, профессиональными, климато-географическими факторами, которые приводят к широкому спектру нарушений в состоянии здоровья. При этом все большее значение приобретают техногенные микроэлементозы [1,6,9,11]. Определение элементного состава биосред человека позволяет проводить мониторинг состояния здоровья, а также формировать группы риска по дисэлементозам, профессиональным заболеваниям, связанным с интоксикацией химическими элементами.

Данные научной литературы свидетельствуют, что дефицит жизненно необходимых элементов и избыток токсичных способствуют росту частоты злокачественных новообразований кожи, мозга, желудочно-кишечного тракта, лимфопролиферативных заболеваний, инфекционных патологий, аутоиммунных заболеваний и дегенеративных заболеваний [3,4,7,10].

Необходимость сохранения оптимального биоэлементного гомеостаза существенно возрастает у лиц, профессиональная деятельность которых сопряжена с повышенными требованиями к адаптационным резервам организма и, тем более, в условиях высокой вероятности химической интоксикации, в том числе солями тяжелых металлов.

Учитывая, что регионы отличаются по распространенности микроэлементозов природного и техногенного происхождения, проведение исследования по изучению возможных отклонений в микронутриентной обеспеченности эссенциальными биоэлементами и нагрузке токсичными химическими элементами у сотрудников Федеральной противопожарной службы МЧС России (далее пожарных), проживающих на различных территориях, представляется особенно актуальным [3,10].

**Цель исследования** — оценка биоэлементного статуса пожарных в зависимости от региона проживания и особенностей их труда.

Материалы и методы. В проведенное исследование вошла группа пожарных — 128 человек, в возрасте от 20 до 45 лет, проживающих в Северо-Западном регионе. Пожарные принимали участие в ликвидации чрезвычайных ситуаций, в частности пожаров (горение свалок, домостроений, промышленных предприятий).

В группу сравнения вошли лица мужского пола аналогичного возрастного диапазона, проживающие на территории Северо-Западного региона в количестве 889 человек, не участвующие в ликвидации чрезвычайных ситуаций.

У всех групп лиц, включенных в исследование, определялось содержание 30 биоэлементов в пробах волос методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) [8].

В качестве биосубстрата для оценки элементного статуса пожарных выбран анализ химического состава волос, который нашел широкое применение в гигиене, токсикологии, популяционных исследованиях в различных географических регионах [6,11]. В ряде публикаций показана прямая зависимость между уровнями нагрузки токсичными элементами и содержанием этих элементов в волосах [3,6].

В качестве критериев оценки обеспеченности организма эссенциальными химическими элементами и отягощенности токсичными использовались референтные интервалы для взрослого населения, полученные в научно-исследовательской лаборатории элементного анализа ФГБУ ВЦЭРМ им. А.М. Никифорова МЧС России на основе международных норм и собственных данных.

С целью оценки влияния на биоэлементный статус пожарных факторов профессиональной деятельности полученные лабораторные результаты анализировались с учетом стажа боевой работы (до 4 лет, от 4 до 10 лет, более 10 лет) и степени участия в пожароту-

Таблица 1 Концентрация жизненно необходимых биоэлементов в пробах волос обследованных пожарных (128 чел), мкг/г

Элемент	Медиана	q25 — нижний квартиль	q75 — верхний квартиль	Референтный интервал
Бор	2,200	1,325	3,100	0,10-3,50
Ванадий	0,318	0,200	0,440	0,005-0,500
Йод	0,050	0,027	0,108	0,100-4,200
Калий	157,850	82,700	324,900	30,00–460,0
Кальций	394,700	284,300	638,750	300,0-1700,0
Кобальт	0,020	0,010	0,030	0,050-0,50
Магний	30,760	21,000	61,225	25,00-140,0
Марганец	0,585	0,350	0,910	0,100-1,00
Медь	10,105	8,375	13,025	5,700-15,00
Натрий	254,800	162,440	554,850	38,00-800,0
Селен	0,500	0,250	0,685	0,500-2,200
Фосфор	143,250	118,400	179,275	50,00-200,0
Хром	0,660	0,425	0,975	0,150-2,000
Цинк	104,780	59,200	151,975	75,00-230,0

шении (непосредственное участие в тушении пожара, менее интенсивное участие, не участвующие).

Статистическая обработка полученных данных проводилась при помощи программных пакетов Microsoft Excel XP (Micosoft Corp., США) и Statistica 6.0 (StatSoft Inc., США). Использованы методы параметрической и непараметрической статистики.

**Результаты и их обсуждение.** Анализ данных по содержанию необходимо важных веществ в пробах волос работников пожарной службы выявил, что уровень ряда жизненно необходимых химических элементов (йод, селен, кобальт) находится ниже границ референтных интервалов (табл. 1).

Среди обследованных пожарных доля лиц с дефицитом йода составила 79%, кобальта — 74%, селена — 54%, цинка — 38%, магния — 35%. Это свидетельствует о том, что в организме большинства обследованных пожарных содержание данных элементов меньше оптимальной концентрации.

Особенности биоэлементного статуса во многом зависят от биогеохимических характеристик региона проживания, в частности, от содержания жизненно необходимых элементов в воде и почве. В табл. 2 представлены результаты анализа содержания биоэлементов в пробах волос пожарных и жителей Северо-Западного региона. В целом, частота выявленного дефицита отдельных эссенциальных биоэлементов у пожарных и жителей Северо-Западного региона статистически не различалась. Выявленные в ходе исследования недостатки отдельных эссенциальных биоэлементов среди пожарных Северо-Западного региона позволяют рассматривать его как региональную особенность, а не как профессионально обусловленный фактор.

Таблица 2 Частота выявления дефицита отдельных эссенциальных биоэлементов в волосах у пожарных и жителей Северо-Западного региона, %

Биоэлемент	Пожарные, 128 чел.	Группа сравнения, 889 чел.
Кобальт	74	83
Селен	54	61
Йод	79	82
Цинк	38	45
Магний	35	40
Кальций	31	45

Выявленный дисэлементоз не может, согласно литературным данным [4,5,9], не отразиться на физиологическом состоянии пожарных. В частности, известно, что кобальт принимает участие в обмене энзимов, образовании тиреоидных гормонов, входит в состав молекулы кобамида (активного метаболита витамина  $B_{12}$ ) [5]. Йод является обязательным структурным компонентом тиреотропного гормона и тиреоидных гормонов щитовидной железы [5]. В связи с высокой распространенностью недостатка йода среди обследованных пожарных, необходимо уделять особое внима-

ние состоянию щитовидной и паращитовидной желез у данной категории лиц.

Выявленный у пожарных дефицит селена может приводить к изменению метаболизма тиреоидных гормонов [2], особенно в условиях йодной недостаточности, которая характерна для обследованных групп. Нехватка селена снижает активность антиоксидантной системы, усиливает накопление тяжелых металлов [4,11].

Магний участвует во многих обменных реакциях, в частности, в регуляции проведения нейромышечного возбуждения. Дисбаланс магния часто встречается у людей опасных профессий, что связано с ответом организма на стрессовое воздействие [4,10]. Раннее выявление дефицита магния весьма важно для превенции развития адаптационных нарушений и патологических состояний сердечно-сосудистой системы у лиц опасных профессий.

Анализ токсичных элементов в пробах волос всех обследованных пожарных выявил, что концентрация этих веществ находилась в пределах границ референтных интервалов (табл. 3).

Медианы содержания токсичных биоэлементов в пробах волос сотрудников ФПС находятся в пределах границ референтных интервалов. В тоже время, у ряда пожарных показатель концентрации токсичных элементов превышает допустимый уровень. Для выявления регионарных особенностей проведено сравнение содержания токсичных элементов в волосах пожарных и жителей Северо-Западного региона. Так, у сотрудников ФПС, работающих в Северо-Западном регионе, выявлено избыточное содержание ряда токсичных биоэлементов по сравнению с жителями региона: по кадмию — в 3,6 раза, по серебру — в 1,7 раза, по алюминию — в 1,6 раза, по никелю — в 5 раз, по свинцу — в 2,4 раза и по мышьяку — в 4 раза. Выявленные изменения у пожарных можно объяснить спецификой их трудовой деятельности.

Профессиональная деятельность пожарных связана с накоплением в клетках токсических элементов, что приводит к недостатку жизненно-необходимых элементов и затрагивает фундаментальные биохимические механизмы, что в свою очередь влияет на развитие патологических процессов в организме.

Так липофильные соли никеля подвергаются фагоцитозу и катализируют своим присутствием образование в организме свободных радикалов, вызывая повреждение ДНК, и, таким образом, реализуя генотоксические свойства никеля [4]. Серебро относится к потенциально-токсичным и потенциально-канцерогенным элементам [10]. В организме, соединяясь с протеинами, серебро может блокировать тиоловые группы энзимов, угнетая дыхательную цепь. При длительном поступлении этот металл депонируется в печени, почках, коже и слизистых оболочках.

Кадмий депонируется при дефиците селена и цинка, широко распространенном среди обследованных пожарных. Поступая в кровь, растворимые соедине-

Таблица 3 Статистические показатели содержания токсичных биоэлементов в пробах волос у пожарных (128 чел), мкг/г

Элемент	Элемент Медиана q25- нижний квартил		q75- нижний квартиль	Референтный интервал	
Алюминий	16,765	9,545	25,150	6,000-30,00	
Барий	0,945	0,495	1,975	0,200-5,000	
Кадмий	0,100	0,050	0,235	0,010-0,250	
Мышьяк	0,060	0,005	0,100	0,001-0,100	
Никель	1,115	0,480	1,780	0,100-2,000	
Ртуть	0,130	0,020	0,280	0,010-2,000	
Рубидий	0,169	0,080	0,312	0,001-1,500	
Свинец	1,835	0,915	3,870	0,100-5,000	
Серебро	0,100	0,040	0,251	0,001-0,300	
Стронций	1,070	0,595	2,100	0,300-5,000	

Таблица 4 Содержание биоэлементов в пробах волос пожарных Северо-Западного региона в зависимости от стажа работы, (медиана мкг/г)

2		Стаж работы, лет	- (1 2)	- (1 2)	
Элемент	до 4 (1)	4–10 (2)	более 10 (3)	p (1-2)	p (1-3)
Кадмий	0,150	0,090	0,080	_	0,026
Калий	272,800	144,400	155,500	0,050	_
Кальций	536,200	436,700	357,000	_	0,027
Натрий	480,700	241,300	278,100	0,017	_
Никель	1,670	1,030	0,900	0,034	0,007
Свинец	2,820	1,610	1,800	0,020	0,033
Серебро	0,160	0,130	0,060	_	0,020
Стронций	1,610	0,900	0,770	0,014	0,003
Хром	0,830	0,670	0,540	0,026	0,037
Цинк	60,550	127,800	105,500	0,017	0,050

ния кадмия поражают почки, нарушают фосфорнокальциевый обмен, что может привести к анемии и разрушению костей, а так же поражают центральную нервную систему [11].

При хроническом отравлении мышьяком наблюдается симптоматика гастрита, гепатит, дерматиты [2,6]. Одним из возможных механизмов поступления мышьяка в организм пожарных может быть вдыхание испарений соединений мышьяка и попадание их через клетки кожи.

Избыток алюминия, в связи с высокой способностью этого металла образовывать соли, может снижать активность ряда ферментов и их систем [11]. Не в последнюю очередь токсичность алюминия связана с его антагонизмом по отношению к кальцию и магнию, фосфору, цинку и меди и способностью потенцировать токсичность свинца [6].

Токсическое действие свинца во многом обусловлено способностью образовывать связи с большим количеством анион-лигандов. Связывание ангидридов со свинцом приводит к угнетению активности ферментов. Таким образом, свинец является ядом политропного действия [11].

Для выявления возможной зависимости биоэлементного статуса пожарных от условий труда проведен

анализ содержания токсичных элементов в пробах волос в зависимости от стажа работы и степени участия в пожаротушении. В табл. 4 представлены статистически значимые различия по содержанию биоэлементов в волосах пожарных в различных стажевых группах.

У проживающих в Северо-Западном регионе сотрудников ФПС в группе со стажем работы до 4 лет по сравнению с другими группами достоверно повышена концентрация никеля, свинца и стронция, относящихся к токсичным элементам, а также хрома. У пожарных со стажем до 4 лет достоверно выше концентрация кадмия, кальция и серебра, по сравнению с пожарными, имеющими стаж более 10 лет. Содержание калия и натрия достоверно ниже в группе со стажем 4–10 лет по сравнению с группой со стажем до 4 лет. Концентрация цинка достоверно ниже у пожарных со стажем до 4 лет по отношению к другим группам.

## Выводы:

1. Накопление ряда токсичных элементов у сотрудников ФПС происходит более интенсивно по сравнению с жителями того же региона, не относящихся к лицам опасных профессий, что исключает влияние местных региональных особенностей и с большой долей вероятности связано с профессиональной деятельностью.

- 2. Выявлены статистически достоверные связи между содержанием химических элементов в организмах пожарных и условиями их работы (в частности, продолжительности и степени участия в пожаротушении). Профессиональная деятельность сотрудников ФПС сопряжена с накоплением токсичных элементов, что усугубляется выявленной нехваткой ряда эссенциальных биоэлементов.
- 3. При оценке физиологического состояния пожарных, а так же при разработке и проведении мероприятий по коррекции дисэлементозов необходимо учитывать физиологический антагонизм или синергизм изученных биоэлементов: мышьяк интенсивно накапливается при недостатке селена, избыточное присутствия алюминия встречается при низкой концентрации кальция и магния, свинец накапливается при недостатке кальция и цинка.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Бабенко Г.А. // Микроэлементы в медицине. 2001. Т. 2, вып. 1. С. 2–5.
- 2. Биологическая роль макро- и микроэлементов у человека и животных. СПб.: Наука, 2008. 544 с.
- 3. *Грабеклис А.Р.* Региональные особенности элементного состава волос у детей как основа для оценки риска элементозов // Мед.-биол. и соц.-психол. пробл. безопасности в чрезв. ситуациях. 2009. № 2. С. 31–35.
- 4. Гребенюк А.Н., Кушнир Л.А. Оценка профессионального риска здоровью пожарных от воздействия химических веществ // Мед. труда и пром. экол. 2010. №12. С. 10–14.
- 5. Клиническая биохимия микроэлементов. М.: ГОУ ВУНМЦ МЗ РФ, 2004. 368 c.
- 6. Кривошеев А.Б. и др. Токсическое действие кадмия на организм человека // Мед. труда и пром. экол. 2012.  $N^{0}6$ . С. 35–42.
- 7. Кудаева И.В., Бударина  $\Lambda$ .А. Биохимические критерии развития професстонально обуссловленных заболеваний пожарных // Мед. труда и пром. экол. 2007. №6. С. 12-18.
- 8. Определение химических элементов в биологических средах и препаратах методами атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой и масс спектрометрии с индуктивно связанной плазмой: Методические указания. М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003. 56 с.
- 9. Токсикологическая химия. Метаболизм и анализ токсикантов: под ред. Н.И. Калетина. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. 1016 с.
- 10. Химические элементы в среде обитания и экологический портрет человека. M.: KMK, 2001. 83 с.
- 11. Эпидемиологическая генотоксикология тяжелых металлов и здоровье человека. Томск: Сиб. гос. мед. ун-т, 2003. 301 с.

#### REFERENCES

- 1. *Babenko G.A.* // Mikroelementy v meditsine. 2001. Vol 2. issue 1. P. 2–5 (in Russian).
- 2.Biologic role of macro- and micro-elements in humans and animals. St-Petersburg: Nauka, 2008. 544 p (in Russian).
- 3. *Grabeklis A.R.* Regional features of elemental contents of hair in children as a basis for evaluating risk of elementosis // Med.-biol. i sots.-psikhol. probl. bezopasnosti v chrezv. Situatsiyakh. 2009. 2. P. 31–35 (in Russian).
- 4. *Grebenyuk A.N., Kushnir L.A.* Evaluation of occupational risk for firemen health due to exposure to chemicals // Med. truda i prom. ekol. 2010. 12. P. 10–14 (in Russian).
- 5.Klinicheskaya biokhimiya mikroelementov. Moscow: GOU VUNMTs MZ RF, 2004; 368 p (in Russian).
- 6.Krivosheev A.B. et al. Toxic effects of cadmium in humans // Med. truda i prom. ekol. 2012. 6. P. 35–42 (in Russian).
- 7. Kudaeva I.V., Budarina L.A. Biochemical criteria of occupational diseases development in firemen // Med. truda i prom. ekol. 2007. 6. P. 12–18 (in Russian).
- 8.Detection of chemical elements in biologic media and preparations by atomic emission spectrometry with inductively coupled plasma and mass-spectrometry with inductively coupled plasma: Methodic recommendations. Moscow: Federal'nyy tsentr Gossanepidnadzora Minzdrava Rossii, 2003. 56 p (in Russian).
- 9.N.I. Kaletin, ed. Toxicologic chemistry. Metabolism and analysis of toxicants. Moscow: GEOTAR-Media, 2008. 1016 p (in Russian).
- 10. Chemical elements in environment and ecologic portrait of human. Moscow: KMK, 2001. 83 p (in Russian).
- 11. Epidemiologic genotoxicology of heavy metals and human health. Tomsk: Sib. gos. med. Universitet, 2003. 301 p (in Russian).

Поступила 20.03.2018

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Шантырь Игорь Игнатьевич (Shantyr I.I.),

зав. НИО биоиндикации ФГБУ «ВЦЭРМ им. А.М. Никифорова» МЧС России, д-р мед. наук, проф. E-mail: shantyr@arcerm.spb.ru.

Яковлева Мария Владимировна (Yakovleva M.V).,

зав. НИЛ элементного анализа НИО биоиндикации ФГБУ «ВЦЭРМ им. А.М. Никифорова» МЧС России, канд. биол. наук. E-mail: iakorobok@mail.ru.

Власенко Мария Александровна (Vlasenko M.A.),

науч. сотр. НИЛ элементного анализа НИО биоиндикации ФГБУ «ВЦЭРМ им. А.М. Никифорова» МЧС России, канд. биол. наук. E-mail: vlasenkomaria@gmail.com.

Санников Максим Валерьевич (Sannikov M.V.),

зам. зав. НИО «Медицинский регистр МЧС России» ФГБУ ВЦЭРМ им. А.М. Никифорова» МЧС России, канд. мед. наук. E-mail: smakv@mail.ru.

Харламычев Евгений Михайлович (Kharlamychev E.M.), врач-эпидемиолог ФГБУ «ВЦЭРМ им. А.М. Никифорова» МЧС России, канд. мед. наук. E-mail: iakorobok@mail.ru.