

УЧРЕДИТЕЛЬ

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова» (ФГБНУ «НИИ МТ»)

при поддержке
Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор)

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций. Свидетельство о регистрации №ФС77-74608 от 29 декабря 2018 г.

Журнал входит в рекомендуемый ВАК перечень периодических научных и научно-технических изданий, выпускаемых в Российской Федерации, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук. Журнал включен в Российский индекс научного цитирования.

Адрес редакции:

105275, Москва,
пр-т Будённого, 31,
ФГБНУ «НИИ МТ», комн. 274,
редакция журнала
«Медицина труда и промышленная экология»
Тел.: +7 (495) 366-11-10.
E-mail: zurniimtpe@yandex.ru
Сайт редакции:
<http://journal-irioh.ru>
Зав. редакцией А.В.Серебренникова

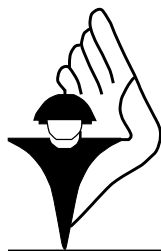
Подписной индекс по каталогу «Роспечать»:

71430 — для индивидуальных подписчиков;
71431 — для предприятий и организаций.

Подписка на электронную версию журнала через:
www.elibrary.ru

Подписано в печать 24.08.2019.
Формат издания 60х84 1/8.
Объем 8 п.л. Печать офсетная.

Отпечатано с готового оригинал-макета в ООО «Амирит»,
410004, г. Саратов,
ул. Чернышевского, 88
E-mail: zakaz@amirit.ru
Сайт: amirit.ru
Заказ



МЕДИЦИНА ТРУДА И ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

ISSN 1026-9428 (print)

ISSN 2618-8945 (online)

59 (10), 2019

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Основан в 1957 г.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор
БУХТИЯРОВ И.В.

д.м.н., проф., член-корр. РАН, НИИ МТ, Москва

Заместитель главного редактора
ПРОКОПЕНКО Л.В.

д.м.н., проф., НИИ МТ, Москва

Ответственный секретарь журнала
КИРЬЯКОВ В.А.

д.м.н., проф., ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана, г. Мытищи, Московская обл.

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ

АТЬКОВ О.Ю.

д.м.н., проф., член-корр. РАН, РМАНПО, Москва

БЕЛЯЕВ Е.Н.

д.м.н., проф., член-корр. РАН, ФЦГиЭ, Москва

БОНИТЕНКО Е.Ю.

д.м.н., проф., НИИ МТ, Москва

БУШМАНОВ А.Ю.

д.м.н., проф., ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна, Москва

БЫКОВ И.Ю.

д.м.н., проф., член-корр. РАН, НИИ МТ, Москва

ГОЛОВКОВА Н.П.

д.м.н., НИИ МТ, Москва

ИЗМЕРОВА Н.И.

д.м.н., проф., НИИ МТ, Москва

КАПЦОВ В.А.

д.м.н., проф., член-корр. РАН, ВНИИЖГ, Москва

КОЛОСИО К.

к.м.н., доцент, МЦ ПЗХГШ госпиталей С.С. Пауло и Карло, Милан, Италия

КОСЯЧЕНКО Г.Е.

д.м.н., доцент, НПЦГ, Минск

КУЗЬМИНА Л.П.

д-р биол. наук, проф., НИИ МТ, 1-й МГМУ им.

Сеченова, Москва

НИУ Ш.

д-р, Женева, МОТ, Швейцария

ПАЛЬЦЕВ Ю.П.

д.м.н., проф., НИИ МТ, Москва

ПАУНОВИЧ Е.

д-р, Белград, независимый эксперт, Сербия

ПОПОВА А.Ю.

д.м.н., проф., Роспотребнадзор, Москва

ПОТЕРЯЕВА Е.Л.

д.м.н., проф., академик РАЕН, НГМУ, Новосибирск

РЫЖОВ А.А.

д-р биол. наук, проф., ТвГУ, Тверь

СИДОРОВ К.К.

д.м.н., Роспотребнадзор, Москва

СТРИЖАКОВ Л.А.

д.м.н., 1-й МГМУ им. И.М. Сеченова, Москва

ТИХОНОВА Г.И.

д.биол.н., НИИ МТ, Москва

УШАКОВ И.Б.

д.м.н., проф., академик РАН, ФМБЦ им. А.И. Бурназяна, Москва

ФИЛИМОНОВ С.Н.

д.м.н., проф., НИИ КПГ ПЗ, Новокузнецк

ЭГЛИТЕ М.Э.

д.м.н., хабилитированный д-р, мед., проф., Рижский

университет им. Страдыня, Рига, Латвия

доцент, АМУ, Баку, Азербайджан

ЭФЕНДИЕВ И.Н.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

АМИРОВ Н.Х.

д.м.н., проф., академик РАН, КГМУ, Казань, Татарстан

БАКИРОВ А.Б.

д.м.н., проф., академик АН РБ, Уфимский НИИ МТ и ЭЧ
Уфа, Башкортостан

ГУРВИЧ В.Б.

д.м.н., проф., ЕМНЦ ПОЗРПП, Екатеринбург

ДАНИЛОВ А.Н.

д.м.н., доцент, Саратовский НИИ СГ, Саратов

КАСЫМОВ О.Т.

д.м.н., проф., академик РАЕН, КРСУ им. Б.Н. Ельцина,
Бешкек, Киргизия

МАЛЮТИНА Н.Н.

д.м.н., проф., ПГМУ им. акад. Е.А. Вагнера, Пермь

МЕЛЬЦЕР А.В.

д.м.н., проф., СЗГМУ им. И.И. Мечникова, Санкт-Петербург

МИЛУШКИНА О.Ю.

д.м.н., доцент, РНИМУ им. Н.И. Пирогова, Москва

ПОПОВ В.И.

д.м.н., проф., ВГМУ им. Н.Н. Бурденко, Воронеж

РУКАВИШНИКОВ В.С.

д.м.н., проф., член-корр. РАН, ВСИМЭИ, Ангарск

ТКАЧЕВА Т.А.

д.м.н., НИИ МТ, Москва

ШПАГИНА Л.А.

д.м.н., проф., академик РАЕН, НГМУ, Новосибирск

ЭЛЬГАРОВ А.А.

д.м.н., проф., академик РАЕН, КБГУ, Нальчик,
Кабардино-Балкария

FOUNDER OF THE JOURNAL

Federal State Budgetary Scientific
Institution Izmerov Research
Institute of Occupational Health
(FSBSI IRIOH)

With the support
of the Federal service
for supervision of consumer rights
protection and human welfare
(Rospotrebnadzor)

Journal was registered in The
Federal Service for Supervision
of Communications, Information
Technology and Mass Media.
Registration certificate
No. ΦC77-74608,
29 December, 2018.

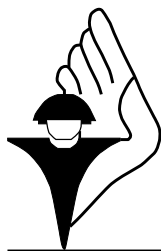
The Journal is included into a list
recommended by Russian Certification
Board and covering scientific and
scientific technological periodicals
published in Russian Federation. This
list contains main results of dissertations
for PhD and Doctor of Science degrees.
The Journal is included into Russian
index of scientific quotation.

Editorial office address:

editorial board of the journal «Russian
Journal of Occupational Health
and Industrial Ecology»,
room 274, 31, Prospect Budennogo,
Moscow Federation, 105275, FSBSI
IRIOH

Tel. +7 (495) 366-11-10.
E-mail: zurniimtpe@yandex.ru
<http://journal-irioh.ru>

Subscription to the electronic version
of the journal: www.elibrary.ru

**Russian Journal of Occupational Health
and Industrial Ecology**

Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya

ISSN 1026-9428 (print)

ISSN 2618-8945 (online)

59 (10), 2019

MONTHLY SCIENTIFIC AND PRACTICAL JOURNAL

founded in 1957

EDITORIAL BOARD**Editor-in-chief**

BUKHTIYAROV I.V. Dr. Sci. (Med.), Prof., RAS Corresponding Member, IRIOH, Moscow

Deputy Editor-in-chief

PROKOPENKO L.V. Dr. Sci. (Med.), Prof., IRIOH, Moscow

Executive secretary of journal

KIR'YAKOV V.A. Dr. Sci. (Med.), Prof., F.F. Erisman FSCH, Mytishi

MEMBERS OF EDITORIAL BOARD

AT'KOV O.Yu. Dr. Sci. (Med.), Prof., RAS Corresponding Member,
RMACPE, Moscow

BELIAEV E.N. Dr. Sci. (Med.), Prof., RAS Corresponding Member,
FCHE, Moscow

BONITENKO E.Yu. Dr. Sci. (Med.), Prof., IRIOH, Moscow

BUSHMANOV A.Yu. Dr. Sci. (Med.), Prof., A.I. Burnasyan FMBC, Moscow

BYKOV I.Yu. Dr. Sci. (Med.), Prof., RAS Corresponding Member,
IRIOH, Moscow

GOLOVKOVA N.P. Dr. Sci. (Med.), IRIOH, Moscow

IZMEROVA N.I. Dr. Sci. (Med.), Prof., IRIOH, Moscow

KAPTSOV V.A. Dr. Sci. (Med.), Prof., RAS Corresponding Member,
ARSIRH, Moscow

COLOSIO C. Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, OHU, ICRH of S.S. Paolo
and Carlo Hospitals, Milan, Italy

KOSYACHENKO G.E. Dr. Sci. (Med.), Associate Professor, Minsk, SPCH, Belarus

KUZMINA L.P. Dr. Biol. Sci., Prof., IRIOH, I.M. Sechenov
First MSMU, Moscow

NIU Sh. MD, ILO, Geneva, Switzerland

PAL'TSEV Yu.P. Dr. Sci. (Med.), Prof., IRIOH, Moscow

PAUNOVIC E. MD, independent expert, Belgrade, Serbia

POPOVA A.Yu. Dr. Sci. (Med.), Prof., Rospotrebnadzor, Moscow

POTERYAEVA E.L. Dr. Sci. (Med.), Prof., NSMU, Novosibirsk

RYZHOV A.Ya. Dr. Biol. Sci., Prof., TSU, Tver'

SIDOROV K.K. Dr. Sci. (Med.), Rospotrebnadzor, Moscow

STRIZHAKOV L.A. Dr. Sci. (Med.), I.M. Sechenov First MSMU, Moscow

TIKHONOVA G.I. Dr. Biol. Sci., IRIOH, Moscow

USHAKOV I.B. Dr. Sci. (Med.), Prof., A.I. Burnasyan FMBC, Moscow

FILIMONOV S.M. Dr. Sci. (Med.), Prof., SRI CPHOD, Novokuznetsk

EGLITE M.E. Dr. Sci. (Med.), Prof., RSU, Riga, Latvia

EFENDIEV I.N. Associate professor, Baku, AMU, Azerbaijan

EDITORIAL COUNCIL

AMIROV N.Kh. Dr. Sci. (Med.), Prof., KSMU, Kazan'

BAKIROV A.B. Dr. Sci. (Med.), Prof., Academician of Academy of
Sciences of the Republic Bashkortostan, URI OM HE, Ufa

GURVICH V.B. Dr. Sci. (Med.), Prof., EMRC PHPIW, Ekaterinburg

DANILOV A.N. Dr. Sci. (Med.), Associate Professor, Saratov SRI RH, Saratov

KASYMOV O.T. Dr. Sci. (Med.), Prof., Academician of Russian Academy
of Natural Sciences, B.N. Yeltsin KRSU, Bishkek,
Kyrgyzstan

MALYUTINA N.N. Dr. Sci. (Med.), Prof., E.A. Vagner PSMU, Perm'

MEL'TSER A.V. Dr. Sci. (Med.), Prof., Mechnikov NWSMU,
St. Petersburg

MILUSHKINA A.Yu. Dr. Sci. (Med.), Associate Professor, RNRMU, Moscow

POPOV V.I. Dr. Sci. (Med.), Prof., N.N. Burdenko VSMU, Voronezh

RUKAVISHNIKOV V.S. Dr. Sci. (Med.), Prof., RAS Corresponding Member, ESIMER,
Angarsk

TKACHEVA T.A. Dr. Sci. (Med.), IRIOH, Moscow

SHPAGINA L.A. Dr. Sci. (Med.), Prof., Academician of European
Academy of Natural Sciences, NSMU, Novosibirsk

EL'GAROV A.A. Dr. Sci. (Med.), Prof., Academician of European
Academy of Natural Sciences, KBSU, Nal'chik

Содержание

Contents

Тематический номер по материалам ФБУН «Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора

Thematic issue based on materials of Nizhny Novgorod Research Institute for Hygiene and Occupational Pathology

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

Федотова И.В., Михайлова С.А. Обоснование модели управления профессиональным риском на производствах пенополиуретанов 844

Иванова Ю.В., Милутина М.Ю., Макарова Е.В. Особенности иммунного ответа и жесткость сосудистой стенки у работающих в условиях воздействия промышленных аэрозолей 850

Милутина М.Ю., Макарова Е.В., Иванова Ю.В., Меньков Н.В., Пластинина С.С. Раннее сосудистое старение у лиц, работающих в условиях воздействия промышленного аэрозоля 855

Блинова Т.В., Страхова Л.А., Колесов С.А. Влияние интенсивных физических нагрузок на биохимические показатели систем антиоксидантной защиты и оксида азота у спортсменов-пловцов 860

Зуев А.В., Некрасова М.М., Васильева Т.Н. Пилотное исследование информационной умственной нагрузки офисных работников 866

Некрасова М.М., Черникова Е.Ф., Зуев А.В., Полевая С.А., Парин С.Б. Применение информационных технологий для оценки профессионального стресса у спортсменов 871

Умнягина И.А., Страхова Л.А., Блинова Т.В. Гендерные различия биохимических показателей, отражающих состояние свободно-радикального окисления и антиоксидантной защиты у работающих металлургического производства 877

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Трошин В.В., Умнягина И.А., Орлов А.А. Факторы риска трудоспособности работающих и применение индекса трудоспособности для её оценки 882

ПРАКТИЧЕСКОМУ ЗДРАВООХРАНЕНИЮ

Моисеева Е.В., Потапова И.А. Атомно-абсорбционное определение ртути в моче методом холодного пара с использованием ртутно-гидридной приставки 887

Васильева Т.Н., Федотова И.В., Лебедева М.А., Червякова О.А. Здоровьесберегающие технологии как профилактика профессионального риска эмоционального выгорания у работников умственного труда 892

Черникова Е.Ф., Трошин В.В., Некрасова М.М., Зуев А.В. Профессиональная обусловленность формирования болезней костно-мышечной системы у инспекторов ДПС ГИБДД 899

ORIGINAL ARTICLES

Fedotova I.V., Mikhailova S.A. Justification of occupational risk management model in polyurethane foam production 844

Ivanova Yu.V., Milutina M.Yu., Makarova E.V. Features of immune response and vascular wall stiffness in workers exposed to industrial aerosols 850

Milyutina M.Y., Makarova E.V., Ivanova J.V., Men'kov N.V., Plastinina S.S. Early vascular aging in persons working under exposure to industrial aerosol 855

Blinova T.V., Strakhova L.A., Kolesov S.A. The effect of intense physical exertion on the biochemical parameters of antioxidant protection systems and nitric oxide in swimming athletes 860

Zuev A.V., Nekrasova M.M., Vasilyeva T.N. Pilot study of office employee informational mental workload 866

Nekrasova M.M., Chernikova E.F., Zuev A.V., Poleyeva S.A., Parin S.B. Application of information technologies for the assessment of occupational stress in athletes 871

Umnyagina I.A., Strakhova L.A., Blinova T.V. Gender differences in biochemical measurement reflecting the state of free-radical oxidation and antioxidant protection among workers in metallurgical production 877

REVIEW OF LITERATURE

Troshin V.V., Umnyagina I.A., Orlov A.L. Risk factors of working capacity of workers and the use of the index of working capacity for its assessment 882

FOR THE PRACTICAL MEDICINE

Moiseeva E.V., Potapova I.A. Atomic absorption determination of mercury in urine by cold steam method using mercury-hydride prefix 887

Vasilyeva T.N., Fedotova I.V., Lebedeva M.A., Chervyachkova O.A. Health-saving technologies as prevention of occupational risk of emotional burnout in mental workers 892

Chernikova E.F., Troshin V.V., Nekrasova M.M., Zuev A.V. Professional conditioning of the formation of diseases of the musculoskeletal system in traffic police inspectors 899

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

DOI: <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-10-844-849>

УДК 613.6.02

© Коллектив авторов, 2019

Федотова И.В.¹, Михайлова С.А.²**Обоснование модели управления профессиональным риском на производствах пенополиуретанов**¹ФБУН «Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора, ул. Семашко, 20, Нижний Новгород, Россия, 603950;²ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава РФ, пл. Минина и Пожарского, 10/1, Нижний Новгород, Россия, 603005

Введение. Работники производств пенополиуретанов (ППУ) подвергаются воздействию различных вредных профессиональных факторов, которые обуславливают повышенный риск развития нарушений органов дыхания, нервной системы, онкологических заболеваний.

Цель исследования — на основании анализа условий труда и состояния здоровья работников современных производств ППУ обосновать систему управления профессиональным риском, направленную на его снижение.

Материалы и методы. Характеристика условий труда на 5-ти современных производствах ППУ дана на основе анализа большого объема лабораторно-инструментальных исследований профессиональных факторов. Состояние здоровья работников производства ППУ оценивалось по результатам периодического медицинского осмотра в динамике за ряд лет. Для оценки риска рассчитаны показатели отношения шансов, относительного риска, этиологической доли профессиональных факторов в стажевой группе 5 и более лет по отношению к стажевой группе 0–4 года для мужчин и женщин по нозологическим формам с оценкой различий по 95% доверительным интервалам и величине хи-квадрат (χ^2).

Результаты. Условия труда на производствах ППУ характеризуются воздействием комплекса химических веществ, из которых наиболее значимыми являются изоцианаты и амины. На работников влияют и такие факторы, как повышенный шум, тяжесть труда. Условия труда на производствах ППУ оцениваются как вредные первой — третьей степеней. Выявлен повышенный риск развития у работников болезней эндокринной, нервной, дыхательной систем и опорно-двигательного аппарата, уровень которого возрастает с увеличением стажа работы на производстве ППУ. Обоснованы требования к организации производственного процесса, мониторингу условий труда, совершенствованию медицинского обслуживания, направленные на профилактику нарушений состояния здоровья работников.

Заключение. Современные производства ППУ характеризуются комплексом вредных профессиональных факторов, оказывающих неблагоприятное влияние на здоровье работников, что требует внедрения в практику унифицированной модели управления профессиональным риском, направленной на его снижение.

Ключевые слова: производства пенополиуретанов; условия труда; профессиональный риск

Для цитирования: Федотова И.В., Михайлова С.А. Обоснование модели управления профессиональным риском на производствах пенополиуретанов. *Мед. труда и пром. экол.* 2019; 59 (10). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-10-844-849>

Для корреспонденции: Федотова Ирина Викторовна, зав. отделом гигиены ФБУН ННИИГП Роспотребнадзора, д-р мед. наук. E-mail: irinafed@mail.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Irina V. Fedotova¹, Svetlana A. Mikhaylova²**Justification of occupational risk management model in polyurethane foam production**¹Nizhny Novgorod Research Institute for Hygiene and Occupational Pathology, 20, Semashko Str., Nizhny Novgorod, Russia, 603950;²Privolzhskiy Research Medical University, 10/1, Minina and Pozharskogo Sq., Nizhny Novgorod, Russia, 603005

Introduction. Employees of production of polyurethane foams (PUF) are exposed to various harmful occupational factors that cause an increased risk of respiratory disorders, nervous system, cancer.

The aim of the study was to substantiate the occupational risk management system aimed at its reduction on the basis of the analysis of working conditions and health of employees of modern production facilities of PUF.

Materials and methods. The characteristics of working conditions at 5 modern PUF productions are given on the basis of the analysis of a large amount of laboratory and instrumental research of occupational factors; the state of workers' health in the production of PUF was assessed by the results of periodic medical examination over a number of years. For risk assessment, indicators of odds ratio, relative risk, etiological fraction of occupational factors in a group of 5 years of work experience or more compared to a group of 0–4 years of work experience for men and women in nosological forms were calculated with an assessment of differences in 95% confidence intervals and the magnitude of chi-square (χ^2).

Results. Working conditions in the production of PUF are characterized by exposure to a complex of chemicals, of which the most significant are isocyanates and amines. Workers are also affected by factors such as increased noise, the severity of work. Working conditions in the production of polyurethane foam are evaluated as harmful to the first to third degrees. The

increased risk of development of diseases of endocrine, nervous, respiratory systems and musculoskeletal system in workers was revealed, the level of which increases with the increase of work experience in the production of PUF. The requirements to the organization of the production process, monitoring of working conditions, improvement of medical care aimed at the prevention of violations of the health status of employees are substantiated.

Conclusions. *Modern production of PUF is characterized by a complex of harmful occupational factors that have an adverse impact on the health of employees, which requires the introduction of a unified model of occupational risk management aimed at reducing it.*

Key words: *polyurethane foam production; working conditions; occupational risk*

For citation: Fedotova I.V., Mikhailova S.A. Justification of occupational risk management model in polyurethane foam production. *Med. truda i prom. ekol.* 2019; 59 (10). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-10-844-849>

For correspondence: Irina V. Fedotova, Head Department of Hygiene of Nizhny Novgorod Research Institute for Hygiene and Occupational Pathology, Dr. of Sci. (Med.). E-mail: irinavfed@mail.ru

Funding: The study had no funding.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

Введение. В настоящее время в России активно разрабатывается теория риска, которая призвана стать инструментом управления и количественного обоснования оптимального распределения материальных и иных ресурсов общества на различные виды деятельности [1]. Работники химической отрасли являются контингентом с высоким профессиональным риском и требуют особого внимания при реализации мероприятий, направленных на повышение безопасности их труда и сохранения здоровья. Полимерная промышленность является одной из быстро развивающихся направлений данной сферы хозяйственной деятельности. Одними из относительно новых перспективных полимерных соединений, получаемых с заранее заданными свойствами, являются пенополиуретаны (ППУ), которые по масштабу выпуска и многообразию технологических решений занимают видное место среди аналогичных материалов и рынок их будет увеличиваться примерно на 5% в год [2,3]. Важным достоинством ППУ является его высокая технологичность, позволяющая реализовывать экономичные, сравнительно простые и нетрудоемкие процессы производства и переработки, что делает его привлекательным не только для гигантов промышленной индустрии, но и для предприятий малого бизнеса.

Многочисленные исследования свидетельствуют о загрязнении воздушной среды на производствах ППУ ингредиентами, входящими в их рецептуру: изоцианаты, третичные амины, растворители и др. [4,5]. Изучение состояния здоровья работников показало возможность развития у них профессиональных интоксикаций от воздействия комплекса химических веществ, отмечена повышенная частота патологии респираторного аппарата, нервной системы, кожных покровов на фоне сенсibilизации организма [6–9]. Имеются данные о канцерогенной опасности для работников производств ППУ [10–12].

Современные производства отличаются динамичностью — постоянно появляются новые рецептуры, способы получения и организации технологического процесса. Несмотря на достаточно богатый накопленный материал по характеристике условий труда на различных предприятиях ППУ, эта тенденция обуславливает необходимость разработки унифицированной системы управления профессиональным риском с целью обеспечения безопасных условий труда и охраны здоровья работников данной отрасли промышленности.

Цель исследования — на основании анализа условий труда и состояния здоровья работников современных производств ППУ обосновать систему управления профессиональным риском, направленную на его снижение.

Материалы и методы. Основой для разработки модели управления риском на производствах ППУ послужили результаты исследования условий труда на пяти современ-

ных предприятиях по получению блочного и формованного ППУ. Предприятия отличались организацией технологического процесса, составом используемых рецептур, объемами производства и численностью работников. На рабочих местах оценивалось загрязнение воздуха вредными химическими веществами при типичных технологических операциях с использованием различных рецептур получения ППУ, измерялись параметры микроклимата, уровни шума, освещенности, тяжести и напряженности трудового процесса, анализировались организация и эффективность индивидуальной защиты работников. Для оценки загрязненности воздуха на малом производстве ППУ рассчитан индекс опасности при ингаляционном поступлении загрязняющих воздух рабочей зоны компонентов сырья и продуктов его термоокислительной деструкции (4,4-метилдизоцианата, бензола, этилбензола, этилацетата, бутанола, ксилолов, этилцеллозольва, псевдокумола) [13].

Состояние здоровья работников основных профессий многотоннажного производства формованного ППУ — операторы-заливщики, формовщики, обрезчики облоя, укладчики-упаковщики изучалось по материалам периодических медицинских осмотров, проводившихся специалистами профпатологического центра ФБУН «Нижегородский НИИ гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора: 2008–2009 гг. — 1-е обследование; 2012–2013 гг. — 2-е обследование. Дополнительно в период 1-го обследования выполнялись исследования функции внешнего дыхания; электрокардиография, были расширены биохимические исследования, дана оценка иммунологического статуса. Для изучения корреляционной зависимости показателей заболеваемости от величины экспозиции к химическому фактору рассчитывалась персонафицированная условная доза (D) воздействия вредных химических веществ методом сложения произведений отношений их среднесменных концентраций (C), зафиксированных на рабочих местах, к соответствующим ПДК, на количество лет стажа (n), в соответствии с профмаршрутом по формуле:

$$D = \sum (C_i / \text{ПДК}_i \times n_1 + C_2 / \text{ПДК}_2 \times n_2 + \dots C_i / \text{ПДК}_i \times n_i).$$

Стандартизованные по возрасту показатели распространенности патологии использованы для оценки степени причинно-следственной связи нарушений здоровья со стажем работы с вредными факторами с расчетом показателей относительного риска в соответствии Р 2.2.1766–03 «Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы» с использованием компьютерной программы «Статистическая оценка связи нарушений здоровья с работой» (<http://neurocomp.ru/cgi-bin/opr/sos/start.py#ans>). Анализировалась величина показателей отношения шансов (OR), относительного риска (RR), этиологической доли

профессиональных факторов (ЕФ). Достоверность их различий при сравнении стажевой группы 5 и более лет по отношению к стажевой группе 0–4 года для мужчин и женщин по нозологическим формам определялась по 95% доверительным интервалам (ДИ) и величине хи-квадрат (χ^2).

Результаты и обсуждение. Технологический процесс получения ППУ на производствах блочного и формованного ППУ основан на взаимодействии полиэфиров с изоцианатами в присутствии катализаторов и других целевых добавок. Смешивание компонентов происходит с помощью заливочной машины под давлением. Технологический процесс организован по конвейерному способу.

Получение блочного ППУ осуществлялось методом равномерного розлива полиуретановой смеси на бегущую по роликовому конвейеру бумажную ленту, пласт ППУ нарезают на блоки, складывают для вызревания и отправляют на конечную обработку. При изготовлении формованного ППУ заливка компонентов производилась в специальные формы, выемка готовых изделий из них осуществлялась при помощи сжатого воздуха. В момент заливки компонентов, их отверждения, резки блоков, обрезки облоя, вальцевания и других этапов обработки в воздух рабочей зоны могут выделяться пары непрореагировавших компонентов: изоцианатов, аминов, углеводов и др.

Исследование уровней загрязненности воздуха рабочей зоны ведущими вредными веществами (толуилendiизоцианат (ТДИ), амины) на трех обследованных предприятиях

блочного ППУ показало, что среднесменные концентрации ТДИ в воздухе рабочих помещений изучаемых производств на участках получения ППУ и резки блоков на 2 из них были на уровне допустимых значений либо незначительно превышали ПДК — в 1,3–1,6 раза. Максимальные значения ТДИ наблюдались в 1-м производстве (в 5,8 раза выше ПДК). Загрязнение воздуха рабочей зоны аминами зависело от используемой рецептуры ППУ, в частности, от катализатора, входящего в ее состав. Основными источниками выделения в воздух рабочей зоны вредных веществ во всех 3 производствах блочного ППУ были:

- открытая струя заливаемой исходной композиции и катализатора при его приготовлении;
- свежеспеченные изделия;
- блоки ППУ, подвергающиеся резке и механической переработке.

Освещенность рабочей зоны и параметры микроклимата на рабочих местах в основном соответствовали гигиеническим требованиям. Уровни шума, источниками которого были насосы, движущаяся лента конвейера, работа гильотины для резки блоков, вентиляция, превышали ПДУ на 2–4 дБА на рабочих местах во всех 3 производствах.

Анализ условий труда на многотоннажном производстве формованного ППУ в период с 2008 по 2015 гг. показал положительную динамику изменения воздушной среды, что связано со сменой рецептур и совершенствованием технологии (внедрение роботизированной

Таблица 1 / Table 1

Оценка класса условий труда по Р 2.2.2006–05 основных профессиональных групп работников блочного и формованного ППУ

Assessment of the class of working conditions of the main professional groups of workers of block and molded PUF

Фактор рабочей среды и трудового процесса	Блочный ППУ			Формованный ППУ	
	Предприятия				
	1	2	3	многотоннажное	малое
	Оператор-заливщик, формовщик, оператор резки				
Химический фактор	3.2	2(3.1)*	3.1	2(3.1)*	3.2
Шум	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1
Световая среда	2	3.1	2	2(3.1)*	3.1
Микроклимат	2	2	2	2	2
Тяжесть	3.2	3.2	3.1	3.2	3.3
Напряженность	2	2	2	2	2
Окончательная оценка	3.3	3.2	3.2	3.2	3.3

Примечание: * — на разных технологических линиях воздействие вредных производственных факторов было различным

Note: * — Note: * — on different production lines, the impact of harmful production factors was different

Таблица 2 / Table 2

Распространенность нарушений состояния здоровья среди работников производства ППУ по данным периодических медицинских осмотров

The prevalence of health disorders among workers in the production of PUF according to periodic medical examinations

Класс болезни по МКБ 10	Доля в структуре нарушений состояния здоровья, %		Частота случаев на 100 работников	
	1-е обследование	2-е обследование	1-е обследование	2-е обследование
Органов дыхания	26,0	30,3	82,9±4,2	68,2±3,5
Нервной системы	18,7	17,5	59,8±5,4	39,3±3,7
Системы кровообращения	17,5	17,0	54,9±5,5	38,2±3,7
Эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ	10,3	9,2	34,5±6,4	22,2±4,2
Костно-мышечной системы	7,5	4,6	25,5±5,9	11,1±4,6

операции заливки композиции в формы, автоматическое вскрытие форм).

Исследования воздуха рабочей зоны на малом производстве формованного ППУ не выявили превышений ПДК вредных веществ. Однако величина индекса опасности $HI=3,6$ свидетельствует о повышенном профессиональном риске, что с учетом одностороннего раздражающего действия на органы дыхания комплекса вредных веществ позволяет отнести класс условий труда по химическому фактору к вредному второй степени. Основные показатели микроклимата на производствах формованного ППУ соответствовали гигиеническим нормативам. Освещенность на ряде рабочих мест была ниже регламентированных уровней при высоком коэффициенте пульсации. Уровни шума на большинстве конвейерных линий превышали ПДУ на 1–4 дБА. Конвейерная организация труда как при производстве блочного, так и формованного ППУ обуславливает необходимость рабочей позы «стоя» более 60–80% времени смены и выполнения ряда операций по переносу грузов. На малом предприятии оператор за смену был вынужден осуществлять ручную отработку и закрытие 120–300 форм, причем вес крышек составлял от 15 до 40 кг. В таблице 1 представлена оценка классов условий труда на основных рабочих местах на всех обследованных производствах.

Проведенные в динамике исследования состояния здоровья работников на многотоннажном производстве ППУ позволили установить, что основная доля диагностированной патологии приходится на болезни органов дыхания (БОД) (табл. 2). Отмечено ее увеличение в стажевой группе 5 и более лет по сравнению с малостажированными работниками (стаж 0–4 года) при 1-м и 2-м обследовании соответственно в 1,2 и в 1,4 раза, в основном за счет хронических фарингитов. Причиной этого можно считать воздействие ряда химических веществ, оказывающих раздражающее и сенсибилизирующее действие — ТДИ, амины, углеводороды и др.

Корреляционно-регрессионный анализ, выполненный на основании расчета средней дозы воздействия химических веществ и распространенности хронических фарингитов в 4 сформированных подгруппах, выявил прямую линейную зависимость с высоким коэффициентом аппроксимации (R) (рисунок).

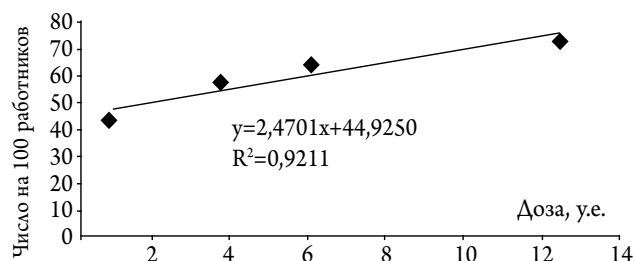


Рисунок. График зависимости частоты хронических фарингитов от дозы воздействия химических веществ

Figure. Graph of the dependence of the frequency of chronic pharyngitis on the dose of exposure to chemicals

Третьей по распространенности патологией среди работников производства ППУ являются заболевания сердечно-сосудистой системы, причем наиболее представительной нозологией является артериальная гипертензия (71,0 и 78,8%). Следует также отметить существенную частоту болезней эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ (БЭС) и болезней костно-мышечной системы (БКМС).

В таблице 3 представлены данные сравнения стандартизованных по возрасту показателей распространенности патологии в стажевой группе работников производства ППУ 5 и более лет относительно группы со стажем до 5 лет. Результаты расчета свидетельствуют, что риск у женщин с увеличением продолжительности воздействия вредных производственных факторов достоверно возрастает для патологии органов дыхания, эндокринной системы, опорно-двигательного аппарата, причем степень профессиональной обусловленности высокая. У мужчин высокая профессиональная обусловленность развития нарушений здоровья подтверждается для ВСД, средняя — для хронического фарингита и малая — для БОД.

Исследование иммунологических показателей сыворотки крови у работников ППУ позволило обнаружить у значительной доли лиц повышенные уровни IgG и IgA — $25,6 \pm 4,8\%$ и $24,4 \pm 4,7\%$ соответственно, что свидетельствует о наличии хронических воспалительных заболеваний и напряженности иммунитета. Результаты других клинико-лабораторных исследований не выявили односторонних отклонений показателей от физиологической нормы.

Таблица 3 / Table 3

Показатели риска нарушения здоровья среди работников в производстве ППУ (в стажевой группе 5 и более лет по отношению к стажевой группе 0–4 года)

Indicators of the risk of health disorders among workers in the production of PUF (in the training group of 5 years or more in relation to the trainee group of 0–4 years)

Класс болезней, нозологическая формы	Отношение шансов (OR)	Относительный риск (RR)	Этиологическая доля (EF), %	Доверительный интервал RR, %	χ^2 (табличное значение 3,8)	Степень профессиональной обусловленности
Женщины						
Болезни щитовидной железы	2,56	2,18	54,17	1,10–4,33	4,99	Высокая
БЭС	2,51	2,07	51,72	1,15–3,75	5,81	Высокая
Вазомоторный ринит	3,24	2,75	63,64	1,27–5,94	6,63	Высокая
БКМС	3,63	3,00	66,67	1,43–6,31	8,37	Высокая
Мужчины						
ВСД	2,75	2,12	52,78	1,27–3,53	8,32	Высокая
БОД	2,14	1,26	20,78	1,03–1,54	5,26	Малая
Хронический фарингит	2,81	1,89	47,06	1,30–2,75	11,12	Средняя

Таким образом, сочетанное воздействие различных факторов производственной среды и трудового процесса представляют опасность для здоровья работников и диктуют необходимость соблюдать определенные требования при проектировании и эксплуатации производств ППУ и организации действенного санитарного надзора.

Модель управления профессиональным риском на производствах ППУ предполагает поэтапное осуществление ряда мероприятий, начиная с проектных заданий на строительство производств ППУ до конкретных методов мониторинга производственной среды и состояния здоровья работников.

Основными принципами организации технологического процесса получения ППУ в современных производствах, направленными на снижение профессионального риска, является осуществление его по конвейерному типу с использованием автоматизированных и роботизированных технологий. При разработке новых рецептур необходимо придерживаться принципа замены токсичных и опасных ингредиентов (ТДИ, 1,4-диметилпиперазин, гидразингидрат и др.) менее токсичными.

Для снижения уровня химической нагрузки на работников участки, опасные возможным поступлением в воздух рабочей зоны вредных веществ (склада сырья и готовой продукции, отделений приготовления компонентов и антиадгезива, термостатирования, заливки и вспенивания композиции ППУ, вызревания ППУ, хранения и переработки бракованных изделий, насосных), необходимо размещать в изолированных помещениях, оборудованных системами общеобменной и местной вентиляции. Предусмотреть герметизацию операций приготовления активаторной смеси, транспортировки свежевспененного ППУ, выемки изделий, вальцевания.

На всех предприятиях необходимо выполнить звукоизоляцию шумящего оборудования, отрегулировать работу механических элементов.

При разработке режимов труда следует предусмотреть мероприятия по профилактике неблагоприятного воздействия рабочей позы «стоя» при конвейерной организации технологического процесса. С этой целью необходимо вводить регламентированные перерывы через 1,5–2 часа работы продолжительностью 10–15 минут с возможностью смены позы и проведения комплекса гимнастических упражнений, направленных на снятие напряжения с мышц, обеспечивающих поддержание вертикального положения тела.

План работы по осуществлению контроля содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны составляется с учетом качественного состава, а также степени токсичности и опасности химических веществ, в том числе примесей к сырью, продуктов термоокислительной деструкции (например, синильная кислота, альдегиды и др.); растворителей, применяемых для промывки оборудования; ингредиентов рецептур антиадгезивных смазок. Следует отметить, что ряд используемых в технологическом процессе веществ относится к 1 классу опасности (толуиленидиизоцианат, гидроцианид и др.), что требует организации автоматического определения их содержания в воздухе рабочей зоны. Для оценки профессионального риска, обусловленного химической нагрузкой, необходимо применять методику определения суммарной дозы веществ однонаправленного действия (например, аминов и изоцианатов) или расчета индекса опасности.

Эффективным методом снижения на работников воздействия высокотоксичных веществ, использующихся в производстве ППУ, является применение работниками

средств индивидуальной защиты (СИЗ) органов дыхания (ОД), кожи. Показана хорошая эффективность респираторов на базе конструкции «Лепесток» («Алина-А», «Алина-АВ»). Способность третичных аминов проникать через кожные покровы требует применения работниками спецодежды, надежно защищающей кожные покровы от этих веществ. Требуется также предусмотреть защиту органов зрения и слуха.

Важной составляющей управления профессиональным риском является совершенствование медицинского обслуживания работников производства ППУ. При проведении периодических медицинских осмотров необходимо обращать внимание на выявление заболеваний органов дыхания, нервной и эндокринной систем, опорно-двигательного аппарата. Рекомендуется дополнить объем лабораторных исследований определением показателей функции щитовидной железы, печени и нервной систем, иммунного статуса как критериев клинических нарушений состояния здоровья. С учетом специфики условий труда на производствах ППУ следует дополнительными к существующим для приема на работу и для ее продолжения противопоказаниями считать хронические заболевания нервной системы, аллергические заболевания кожи, хронические заболевания опорно-двигательного аппарата с частыми обострениями.

Выводы:

1. Условия труда на современных производствах ППУ характеризуются воздействием на работников ряда вредных профессиональных факторов и оцениваются в комплексе как вредные первой-третьей степени, что соответствует категориям профессионального риска — малый (умеренный), средний (существенный) и высокий (непереносимый).

2. Влияние вредных условий труда являются причиной повышения риска развития у работников производств ППУ болезней эндокринной, дыхательной, нервной систем и опорно-двигательного аппарата.

3. Использование корреляционно-регрессионного анализа позволило выявить наличие прямой дозовой зависимости частоты хронических фарингитов у работников производства ППУ, что позволяет прогнозировать риск данной патологии заболеваний органов дыхания при изменении экспозиции к вредным химическим веществам.

4. Модель управления профессиональным риском на предприятиях ППУ должна включать: автоматизацию процесса и герметизацию ряда операций; использование СИЗ для защиты от воздействия вредных веществ, шума; введение регламентированных перерывов на конвейерных линиях; мониторинг загрязненности воздушной среды производственных помещений с учетом технологических решений, используемых рецептур ППУ, участков производства и операций; проведение дополнительных лабораторных исследований при предварительных и периодических медицинских осмотрах работников производств ППУ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гурвич В.Б., Кузьмин С.В., Ярушин С.В., Диконская О.В., Никонов Б.И., Малых О.А. и др. Методические подходы к обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия на основе методологии управления риском для здоровья населения. *Гигиена и санитария*. 2015; 2: 82–88.
2. Лиман У. Полиуретаны: производство, потребление, применение. *Полимерные материалы*. 2015; 6: 30–9.
3. ФАПУ — Полиуретановый бюллетень 2018. Выпуск 4. https://www.fapu.de/images/uploads/0_fapu105/FAPU-105-RU-web.pdf.

4. Аширова С.А. Гигиеническая оценка условий труда в производствах пенополиуретанов. В кн.: *Вспененные полимерные материалы, их свойства и области применения*. М.; 1991: 60–1.
5. Świerczyńska-Machura D., Brzeźnicki S., Nowakowska-Świrta E., Walusiak-Skorupa J., Wittczak T., Dudek W., Bonczarowska M. et al. Occupational exposure to diisocyanates in polyurethane foam factory workers. *J Occup Med Environ Health*. 2015; 28(6): 985–98. DOI: org/10.13075/ijom.1896.00284.
6. Покровская Э.А., Антонюженко В.А., Волкова И.Д., Аширова С.А. Профессиональные заболевания у рабочих производств пенополиуретанов. *Мед. труда и пром. экол.* 2004; 6: 42–4.
7. Kieć-Świerczyńska M., Świerczyńska-Machura D., Chomiczewska-Skóra D., Nowakowska-Świrta E., Kręcis B. Occupational allergic and irritant contact dermatitis in workers exposed to polyurethane foam. *Int J Occup Med. Environ Health*. 2014; 27(2): 196–205. DOI: 10.2478/s13382-014-0249-9.
8. Gui W., Wisniewski A.V., Neamtii I., Gurzau E., Sparer J.A., Stowe M.H. et al. Inception cohort study of workers exposed to toluene diisocyanate at a polyurethane foam factory: initial one-year follow-up. *Am J Ind Med*. 2014; 57(11): 1207–15. DOI: 10.1002/ajim.22385.
9. Rüegger M., Droste D., Hofmann M., Jost M., Miedinger D. Diisocyanate-induced asthma in Switzerland: long-term course and patients' self-assessment after a 12-year follow-up. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*. 2014; 9: 21. DOI: org/10.1186/1745-6673-9-21.
10. Bolognesi C., Baur X., Marczyński B., Norppa H., Sepai O., Sabbioni G. Carcinogenic risk of toluene diisocyanate and 4,4'-methylenediphenyl diisocyanate: epidemiological and experimental evidence. *Crit Rev Toxicol*. 2001; 31(6): 737–72. DOI: 10.1080/20014091111974.
11. Mikoczy Z., Welinder H., Tinnerberg H., Hagmar L. Cancer incidence and mortality of isocyanate exposed workers from the Swedish polyurethane foam industry: updated findings 1959–98. *Occup Environ Med*. 2004; 61(5): 432–7. DOI: 10.1136/oem.2003.009712.
12. Toluene diisocyanate. IARC. *Summaries & Evaluations*. 1999; 71: 865. <http://www.inchem.org/documents/iarc/vol71/031-toldiisocyan.html>.
13. Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. М.; 2004.
2. Liman U. Polyurethanes: production, consumption, application. *Polimernye materialy*. 2015; 6: 30–9. (in Russian).
3. FAPU — Poliuretanovyj bjulleten'. 2018. Vypusk 4. https://www.fapu.de/images/uploads/0_fapu105/FAPU-105-RU-web.pdf (in Russian).
4. Ashirova S.A. Hygienic assessment of working conditions in the production of polyurethane foams. In: *Foamed polymer materials, their properties and applications*. М.; 1991: 60–1 (in Russian).
5. Świerczyńska-Machura D., Brzeźnicki S., Nowakowska-Świrta E., Walusiak-Skorupa J., Wittczak T., Dudek W., Bonczarowska M. et al. Occupational exposure to diisocyanates in polyurethane foam factory workers. *J Occup Med Environ Health*. 2015; 28(6): 985–98. DOI: org/10.13075/ijom.1896.00284.
6. Pokrovskaja Je.A., Antonjuzhenko V.A., Volkova I.D., Ashirova S.A. Occupational diseases in workers of polyurethane foam production. *Мед. труда i prom. ekol.* 2004; 6: 42–4 (in Russian).
7. Kieć-Świerczyńska M., Świerczyńska-Machura D., Chomiczewska-Skóra D., Nowakowska-Świrta E., Kręcis B. Occupational allergic and irritant contact dermatitis in workers exposed to polyurethane foam. *Int J Occup Med. Environ Health*. 2014; 27(2): 196–05. DOI: 10.2478/s13382-014-0249-9.
8. Gui W., Wisniewski A.V., Neamtii I., Gurzau E., Sparer J.A., Stowe M.H. et al. Inception cohort study of workers exposed to toluene diisocyanate at a polyurethane foam factory: initial one-year follow-up. *Am J Ind Med*. 2014; 57(11): 1207–15. DOI: 10.1002/ajim.22385.
9. Rüegger M., Droste D., Hofmann M., Jost M., Miedinger D. Diisocyanate-induced asthma in Switzerland: long-term course and patients' self-assessment after a 12-year follow-up. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*. 2014; 9: 21. DOI: org/10.1186/1745-6673-9-21.
10. Bolognesi C., Baur X., Marczyński B., Norppa H., Sepai O., Sabbioni G. Carcinogenic risk of toluene diisocyanate and 4,4'-methylenediphenyl diisocyanate: epidemiological and experimental evidence. *Crit Rev Toxicol*. — 2001; 31(6): 737–72. DOI: 10.1080/20014091111974.
11. Mikoczy Z., Welinder H., Tinnerberg H., Hagmar L. Cancer incidence and mortality of isocyanate exposed workers from the Swedish polyurethane foam industry: updated findings 1959–98. *Occup Environ Med*. 2004; 61(5): 432–7. DOI: 10.1136/oem.2003.009712.
12. Toluene diisocyanate. IARC. *Summaries & Evaluations*. 1999; 71: 865. <http://www.inchem.org/documents/iarc/vol71/031-toldiisocyan.html>.
13. Р 2.1.10.1920-04. Human Health Risk Assessment from Environmental Chemicals. Moskva; 2004 (in Russian)

REFERENCES

1. Gurvich V.B., Kuz'min S.V., Jarushin S.V., Dikonskaja O.V., Nikonov B.I., Malyh O.L. et al. Methodological approaches to ensuring sanitary and epidemiological well-being based on the methodology of risk management for public health. *Gigiena i sanitarija*. 2015; 2: 82–8. (in Russian).

Дата поступления / Received: 03.07.2019
 Дата принятия к печати / Accepted: 14.10.2019
 Дата публикации / Published: 28.10.2019

Особенности иммунного ответа и жесткость сосудистой стенки у работающих в условиях воздействия промышленных аэрозолей

¹ФБУН «Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора, ул. Семашко, 20, Нижний Новгород, Россия, 603950;

²ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России, пл. Минина и Пожарского, 10/1, Нижний Новгород, Россия, 603005

Введение. В последние годы в профпатологии большое внимание уделяется профессионально обусловленным заболеваниям, особое место среди которых занимает кардиоваскулярная патология. Жесткость сосудистой стенки рассматривается как независимый фактор кардиоваскулярного риска. Это обуславливает важность изучения механизма развития ригидности артериального русла, ключевой составляющей которого является воспаление.

Цель исследования — выявить взаимосвязи между иммунными показателями и показателями жесткости сосудистой стенки по данным объемной сфигмографии у работающих в условиях воздействия промышленных аэрозолей.

Материалы и методы. Проведено обследование 55 мужчин, работающих в условиях воздействия промышленных аэрозолей, и 32 мужчин, не имеющих в профессиональном маршруте контакта с промышленными поллютантами. Определялись сывороточные концентрации иммуноглобулинов класса А и G, цитокинов, фактора некроза опухоли α , С-реактивного белка методом твердофазного иммуноферментного анализа. Оценка эластических свойств сосудистой стенки проводилась методом объемной сфигмографии.

Результаты. Установлено усиление продукции провоспалительного интерлейкина-8, иммуноглобулина G и С-реактивного белка, а также повышение сердечно-лодыжечного сосудистого индекса справа и слева в группе работающих в условиях воздействия промышленных аэрозолей. Медианы концентраций иммуноглобулинов, интерлейкинов и С-реактивного белка не зависели от изменения величины сердечно-лодыжечного сосудистого индекса. Повышение ригидности сосудистой стенки сопровождалось увеличением продукции фактора некроза опухоли α . Так, в группе лиц с повышенной жесткостью уровень этого цитокина в 3 раза превышал значения в группе лиц с нормальными значениями сердечно-лодыжечного сосудистого индекса. Выявлена взаимосвязь между сердечно-лодыжечным сосудистым индексом и концентрацией фактора некроза опухоли α ($r=0,61$; $p=0,009$), С-реактивного белка ($r=0,54$; $p=0,02$) и обратная связь с уровнем противовоспалительного интерлейкина-10 ($r=0,36$; $p=0,04$).

Выводы. Установленные значимые корреляционные зависимости между цитокинами (фактор некроза опухоли α , интерлейкин-10), С-реактивным белком и отдельными показателями объемной сфигмографии (сердечно-лодыжечным сосудистым индексом) свидетельствуют о патогенетической роли цитокинов и белков острой фазы в нарушении упруго-эластических свойств сосудистого русла у работающих в условиях воздействия промышленных аэрозолей.

Ключевые слова: иммунитет; цитокины; промышленные аэрозоли; жесткость сосудистой стенки

Для цитирования: Иванова Ю.В., Милутина М.Ю., Макарова Е.В. Особенности иммунного ответа и жесткость сосудистой стенки у работающих в условиях воздействия промышленных аэрозолей. *Мед. труда и пром. экол.* 2019; 59 (10). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-10-850-854>

Для корреспонденции: Иванова Юлия Валентиновна, науч. сотр. клинического отдела ФБУН «Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора, канд. мед. наук. E-mail: iul.999@yandex.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Julija V. Ivanova¹, Marina Y. Milyutina^{1,2}, Ekaterina V. Makarova^{1,2}

Features of the immune response and vascular wall stiffness in workers exposed to industrial aerosols

¹Nizhny Novgorod Research Institute for Hygiene and Occupational Pathology, 20, Semashko str., Nizhny Novgorod, Russia, 603950;

²Privolzhsky Research Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, 10/1, Minin and Pozharsky sq., Nizhny Novgorod, Russia, 603005

Introduction. In recent years, in occupational pathology, much attention is paid to professionally caused diseases, a special place among which is occupied by cardiovascular pathology. Vascular wall stiffness is considered as an independent cardiovascular risk factor. This makes it important to study the mechanism of development of arterial stiffness, a key component of which is inflammation.

The aim of the study was to identify the relationship between immune parameters and vascular wall stiffness according to volumetric sphygmography in workers exposed to industrial aerosols.

Materials and methods. A survey was conducted of 55 men working in conditions of exposure to industrial aerosols, and 32 men who do not have professional contact with industrial pollutants. Serum concentrations of class A and G immunoglobulins, cytokines, tumor necrosis factor α , and C-reactive protein were determined by solid-phase enzyme immunoassay. Assessment of elastic properties of the vascular wall was carried out by volumetric sphygmography.

Results. Increased production of anti-inflammatory interleukin-8, immunoglobulin G and C-reactive protein, as well as increased cardiovascular and ankle vascular index on the right and left in the group working under the influence of industrial aerosols was found. Median concentrations of immunoglobulins, interleukins and C-reactive protein were independent of changes in the value of the cardiovascular ankle vascular index. Increased rigidity of the vascular wall was accompanied by an increase in the production of tumor necrosis factor α . Thus, in the group of persons with increased stiffness, the level of this cytokine was 3 times higher than in the group of persons with normal values of the cardiovascular-ankle vascular index. The relationship between the cardiovascular ankle vascular index and the concentration of tumor necrosis factor α ($r=0.61$; $p=0.009$), C-reactive protein ($r=0.54$; $p=0.02$) and feedback with the level of anti-inflammatory interleukin-10 ($r=0.36$; $p=0.04$) was revealed.

Conclusions. The established significant correlations between cytokines (tumor necrosis factor α , interleukin-10), C-reactive protein and individual indicators of volumetric sphygmography (cardio-ankle vascular index) indicate the pathogenetic role of cytokines and acute phase proteins in the violation of elastic properties of the vascular bed in workers under the influence of industrial aerosols.

Key words: immunity; cytokines; industrial aerosols; vascular wall stiffness

For citation: Ivanova Yu.V., Milutina M.Yu., Makarova E.V. Features of immune response and vascular wall stiffness in workers exposed to industrial aerosols. *Med. truda i prom. ekol.* 2019; 59 (10). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-10-850-854>

For correspondence: Julija V. Ivanova, scientist of clinical department of "Nizhny Novgorod Research Institute of Hygiene and Occupational Pathology", Cand. of Sci. (Med.). E-mail: iul.999@yandex.ru

Funding: The study had no funding.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

Введение. Современное промышленное производство характеризуется комплексом вредных производственных факторов, которые создают предпосылки к формированию условий труда, негативно влияющих на здоровье работников, повышая риск возникновения и прогрессирования не только профессиональных заболеваний, но и производственно обусловленной патологии [1]. Исследованиями отечественных и зарубежных профпатологов показана высокая распространенность кардиоваскулярной патологии у рабочих, подвергающихся воздействию загрязненной воздушной среды производственными поллютантами. Так, у работающих в контакте с промышленными аэрозолями повышается риск развития артериальной гипертензии, инфаркта миокарда, а смертность от ишемической болезни сердца превышает популяционные показатели [2,3]. Поэтому актуальным является выявление предикторов развития сердечно-сосудистой патологии у данной категории лиц, способствующее предупреждению развития тяжелых форм патологии, инвалидизации и смертности.

Одним из наиболее перспективных методов выявления сердечно-сосудистых заболеваний на доклинической стадии являются исследование жесткости сосудистой стенки [4]. Повышение жесткости сосудистой стенки является маркером доклинического поражения сосудов, развития атеросклероза и может использоваться в качестве интегрального показателя сердечно-сосудистого риска [5]. Известно, что в патологический процесс повышения жесткости сосудистой стенки вовлечено большое количество факторов, среди которых немаловажная роль принадлежит воспалению [6–8]. Многочисленные экспериментальные и клинические исследования показывают взаимосвязь между прогрессированием жесткости сосудистой стенки и маркерами воспаления, такими как белки острой фазы, хемокины, молекулы межклеточной адгезии, цитокины у пациентов с различными видами патологии, такими как сахарный диабет, гипертоническая болезнь, ишемическая болезнь сердца [9–12]. На сегодняшний день не вызывает сомнения роль медиатора неспецифического воспаления — С-реактивного белка — в повышении жесткости сосудистой стенки. Доказано, что С-реактивный белок индуцирует продукцию провоспалительных цитокинов, может активировать систему комплемента, усиливать адгезию лейкоцитов на эндотелии, тем самым увеличивая

воспалительный каскад и индуцируя процессы морфологической перестройки сосудистой стенки [13]. Снижение процессов воспаления может снизить жесткость сосудистой стенки, что продемонстрировано у пациентов с ревматоидным артритом, проходящих антицитокиновую терапию блокаторами фактора некроза опухоли α [14]. Наличие данных об участии иммунной системы в трансформации упруго-эластических свойств сосудистой стенки не оставляет сомнений в актуальности дальнейшего изучения вклада иммунного ответа в повышение жесткости артерий при воздействии неблагоприятных факторов производственной среды.

Цель исследования — выявить взаимосвязи между иммунными показателями и показателями жесткости сосудистой стенки по данным объемной сфигмографии у работающих в условиях воздействия промышленных аэрозолей.

Материалы и методы. Всего в обследовании участвовали 87 человек — мужчины, занятые на производстве металлических труб большого диаметра, в возрасте от 26 до 59 лет (средний возраст $38,84 \pm 8,46$ года). Стаж работы составил $15,36 \pm 8,64$ года. Все обследованные, здоровые лица по результатам периодического медицинского осмотра, разделены на две группы. В основную группу вошли 55 мужчин, условия труда которых характеризовались воздействием промышленных аэрозолей (кремнийсодержащая пыль, марганец, корунд белый, оксид железа, пыль металлическая). Концентрации компонентов аэрозоля в воздухе рабочей зоны, по материалам специальной оценки, постоянно превышали ПДК, находясь в пределах третьего класса 1 степени вредности. Средний возраст в этой группе составил $40,37 \pm 7,9$ года, стаж работы — $16,22 \pm 9,25$ года. В группу сравнения вошли 32 мужчины, не имеющие профессионального контакта с промышленными поллютантами, средний возраст — $37,78 \pm 7,71$ года, стаж работы — $15,37 \pm 7,9$ года. Основная группа и группа сравнения были сопоставимы по количеству курильщиков и стажу курения, а также по показателям липидного обмена (уровням общего холестерина и липопротеидов низкой плотности крови). Наличие гипертонической болезни, ИБС, сахарного диабета, признаков профессиональной легочной патологии и возраст старше 65 лет являлись критериями исключения из исследования.

Исследование проведено в рамках осмотра на базе консультативной поликлиники ФБУН «Нижегородский

научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора.

Лабораторно-иммунологическое исследование включало определение сывороточных концентраций иммуноглобулинов классов А и G (IgA, IgG), провоспалительных и противовоспалительных цитокинов: интерлейкина-1 (IL-1), интерлейкина-4 (IL-4), интерлейкина-6 (IL-6), интерлейкина-8 (IL-8), интерлейкина-10 (IL-10); фактора некроза опухоли альфа (TNF α) методом твердофазного иммуноферментного анализа (ИФА) с использованием тест-систем производства Вектор Бест (Россия). С-реактивный белок (СРБ) определялся высокочувствительным методом ИФА с пределом обнаружения 0,05 мг/мл («Вектор-Бест», Россия).

Оценка эластических свойств сосудистой стенки проводилась методом объемной сфигмографии на аппарате VaSera VS-1500 N (FukudaDenchiCo., LTD, Япония) по стандартной методике в первой половине дня. При проведении исследования оценивался сердечно-лодыжечный сосудистый индекс (CAVI) — показатель жесткости сосудистой стенки на всем протяжении исследуемого бассейна, рассчитывающийся на основании параметра жесткости β с учетом модифицированного уравнения Bramwell-Hill's. Индекс CAVI имеет наибольшее диагностическое значение при проведении сфигмографии. Данный параметр не зависит от текущего уровня артериального давления, то есть отражает истинную жесткость сосудистой стенки. В клинической практике CAVI используется для диагностики субклинических проявлений атеросклеротического поражения, в том числе коронарных, церебральных артерий [15], при этом CAVI $\geq$ 8,0 может быть принят за оптимальную граничную точку прогнозирования атеросклероза. Кроме того, учитывалось время изгнания (ЕТ), период напряжения (РЕР) и коэффициент Вайсслера (РЕР/ЕТ).

Статистическая обработка данных проводилась с использованием программ «Statistica 6.1». Применяли методы непараметрической статистики, так как распределение большинства признаков отличалось от нормального. Различия между группами оценивались с помощью критерия Манна-Уитни. Для выявления взаимосвязи между признаками использовали корреляционный анализ Спирмена. Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез принимали равным 0,05. Данные представлены как медианы (25-й процентиль; 75-й процентиль), а также в виде средней и стандартного отклонения (M+SD).

Все обследованные лица подписали информированное согласие на участие в исследовании. Обследование соответствует этическим стандартам Хельсинской декларации (2000) и приказу Минздрава РФ от 19.06.2003 №266.

Результаты и обсуждение. Анализ иммунных показателей в изучаемых группах выявил, что у работающих в условиях воздействия промышленных аэрозолей наблюдается увеличение продукции сывороточного IgG относительно группы сравнения (табл. 1).

Повышение фракции IgG наблюдалось у 44,6% лиц этой группы, что в 7 раз чаще, чем в группе сравнения. Исследование IgA не выявило значимых различий между изучаемыми группами. Медиана концентраций IgA не выходила за рамки референсных значений, однако при анализе частоты отклонения от нормы следует отметить, что уровни IgA ниже нормальных регистрировались у 22% лиц в группе работающих с промышленными аэрозолями, тогда как в группе сравнения концентрации ниже референсных зарегистрированы не были.

Таблица 1 / Table 1

Сравнительная оценка иммунных показателей у работников в условиях воздействия промышленных аэрозолей, (Me, (Q25–Q75))

Comparative assessment of immune indicators in workers under the influence of industrial aerosols, (Me, (Q25–Q75))

Показатель	Группа	
	наблюдения	сравнения
Иммуноглобулин А, мг/мл	2,6 (1,5–3,9)	2,7 (2,45–3,5)
Иммуноглобулин G, мг/мл	16 (12–20)*	11,25 (9–13,1)
Интерлейкин–4, пг/мл	1,48 (1,33–1,75)*	1,84 (1,7–2,13)
Интерлейкин–6, пг/мл	1 (0,9–1,4)	0,9 (0,8–1,4)
Интерлейкин–8, пг/мл	4,9 (2,8–6,4)*	3,6 (2,4–5,7)
Интерлейкин–10, пг/мл	0,8 (0–1)	1 (0–2)
Фактор некроза опухоли α , пг/мл	1,3 (0–2,6)	1,4 (0–1)
С-реактивный белок, МЕ/л	5,86 (3–8)*	3,1 (0,3–6,9)

Примечание: * — статистически достоверные различия между группами наблюдения и сравнения при $p < 0,05$;

Note: * — statistically significant differences by the observation and comparison groups at $p < 0.05$.

Наблюдаемая гипериммуноглобулинемия G, а также увеличение частоты выявления низких уровней IgA у лиц основной группы могут быть обусловлены токсическим действием промышленных аэрополлютантов. Особенности изменения цитокинового профиля заключались в значимом повышении уровня провоспалительного IL-8 в основной группе ($p < 0,05$). Усиление продукции IL-8 указывает на активацию гранулоцитов, прежде всего нейтрофилов в ответ на токсические воздействия, что на определенном этапе благоприятно влияет на течение воспалительных процессов и способствует элиминации антигенов [16]. Обращает внимание факт снижения продукции противовоспалительных цитокинов в основной группе. Так, уровень IL-4, ингибирующего дифференцировку Т-хелперов 1 типа и угнетающего синтез макрофагами провоспалительных цитокинов, достоверно снижался ($p < 0,002$). Сывороточные уровни другого противовоспалительного цитокина IL-10 лишь имели тенденцию к снижению ($p < 0,07$).

При исследовании IL-1 β установлено, что его концентрации в крови были очень малы и не превышали порога чувствительности используемых иммуноферментных тест-систем. Средние значения провоспалительных IL-6, TNF α достоверно не отличались от таковых в группе сравнения. Исследование СРБ показало, что в группе наблюдения медиана уровня в сыворотке крови превышала в 1,86 раза значения в группе сравнения. Базовые уровни СРБ ниже 1 мг/л зарегистрированы у 7% (против 21% в группе сравнения), от 1–3 мг/л — у 32%, от 3–10 мг/л — 56% (37% в группе сравнения) и более 10 мг/л — в 4% наблюдений. Стоит отметить, что концентрации СРБ выше 3 мг/л ассоциируются с высоким риском развития кардиоваскулярной патологии. У работников, подвергающихся воздействию промышленных аэрозолей, уровни СРБ в диапазоне риска были выявлены у 60% обследованных. Таким образом, при воздействии промышленных аэрозолей происходит компенсаторное усиление продукции провоспалительного IL-8, IgG и СРБ, направленное на элиминацию антигенов, при одновременном снижении потенциала действия противовоспалительных цитокинов (IL-4, IL-10).

Анализ показателей объемной сфигмографии показал, что у лиц, занятых в условиях воздействия промышленных

аэрозолей, изучаемые параметры были достоверно выше, чем в группе сравнения. Значение индекса CAVI справа (R-CAVI) составило $7,2 \pm 0,67$ в основной группе и $6,5 \pm 0,7$ в группе сравнения, $p=0,02$; CAVI слева (L-CAVI) — $6,8 \pm 1,0$ в 1-ой группе и $6,5 \pm 0,78$ во 2-ой группе ($p=0,006$). Кроме того, был проведен внутригрупповой анализ, для которого показатель индекса CAVI в обеих группах был соотнесен с возрастной нормой для каждого обследованного. Учитывались все лица, у которых хотя бы один из индексов (R-CAVI или L-CAVI) превышал норму. Выявлено, что повышение жесткости сосудистой стенки достоверно чаще встречалось в основной группе ($p=0,01$). Так, в этой группе CAVI превышал норму у каждого третьего работника (33,3%), в то время как в группе сравнения — у каждого девятого (11,4%). Следует отметить, что у всех лиц, имеющих повышенную жесткость сосудистой стенки, CAVI имел значение больше 8,0, что может расцениваться как маркер развития атеросклероза. Помимо этого, у обследованных основной группы было зафиксировано достоверное снижение времени изгнания (ЕТ) относительно лиц группы сравнения ($292,7 \pm 24,3$ мс и $298,56 \pm 26,3$ мс соответственно, $p=0,03$), а также достоверно более высокое отношение РЕР/ЕТ ($0,34 \pm 0,05$ и $0,31 \pm 0,04$ соответственно, $p=0,036$). В зависимости от значения сердечно-лодыжечного сосудистого индекса лица основной группы были разделены на две категории — с нормальным (CAVI<8) и повышенным уровнем CAVI (CAVI>8). В результате проведения внутригруппового анализа выявлено, что медианы концентраций иммуноглобулинов, интерлейкинов и СРБ не зависели от изменения величины CAVI (табл. 2).

Таблица 2 / Table 2

Показатели иммунитета работающих в условиях воздействия промышленных аэрозолей в зависимости от величины CAVI ($p>0,05$)

Indicators of immunity working under the influence of industrial aerosols, depending on the value of CAVI ($p>0,05$)

Показатель	Группа	
	с CAVI>8	с CAVI<8
Иммуноглобулин А, мг/мл	2,9 (2,15–3,7)	2,32 (1,56–3,8)
Иммуноглобулин G, мг/мл	17,5 (15–18,35)	14,85 (12,12–20,00)
Интерлейкин–4, пг/мл	1,42 (1,3–1,54)	1,48 (1,28–1,84)
Интерлейкин–6, пг/мл	1 (0,8–1,3)	1 (0,9–1,4)
Интерлейкин–8, пг/мл	5,2 (3,8–6,4)	4,8 (2,8–6,4)
Интерлейкин–10, пг/мл	1 (0–1)	1 (0–1)
Фактор некроза опухоли α, пг/мл	1,8 (0–2,6)	0,6 (0–1,4)
С-реактивный белок, МЕ/л	5 (4,5–5,6)	5,4 (2,3–8)

Примечание: * — статистически достоверные различия, при $p<0,05$;

Note: * — statistically significant differences, with $p<0.05$.

Однако повышение ригидности сосудистой стенки сопровождалось увеличением продукции TNFα. Так, в группе лиц с повышенной жесткостью уровень TNFα в 3 раза превышал значения в группе с CAVI<8. Данные корреляционного анализа также подтвердили полученную закономерность. Выявлена положительная взаимосвязь между сердечным — лодыжечным сосудистым индексом и содержанием TNFα ($r=0,61$; $p=0,009$). Известно, что

TNFα играет значительную роль в повышении жесткости артериального русла: это связано с его способностью активировать лейкоциты, увеличивать экспрессию молекул адгезии на поверхности эндотелиоцитов, следствием чего является адгезия нейтрофилов, моноцитов, лимфоцитов с развитием инфильтрации стенки сосуда [17]. Также TNFα является фактором активации перекисного окисления липидов, снижает синтез NO, активирует ренин-ангиотензин-альдостероновую систему, что потенцирует сосудистую жесткость [18]. Кроме того, индекс CAVI был положительно связан с концентрацией СРБ ($r=0,54$; $p=0,02$) и отрицательно с уровнем противовоспалительного IL–10 ($r=0,36$; $p=0,04$).

Выводы:

1. Выявленные изменения иммунного ответа и повышение ригидности сосудистой стенки в основной группе обследованных являются следствием воздействия промышленных аэрозолей.

2. Установленные значимые корреляционные зависимости между цитокинами (TNFα, IL–10), СРБ и отдельными показателями объемной сфигмографии (сердечно-лодыжечным сосудистым индексом) свидетельствуют о патогенетической роли цитокинов и белков острой фазы в нарушении упруго-эластических свойств сосудистого русла у работающих в условиях воздействия промышленных аэрозолей.

3. Особенности иммунного ответа, можно рассматривать как один из механизмов компенсаторно-приспособительной реакции в ответ на воздействие вредных факторов производственной среды.

4. Наличие воспалительного компонента при продолжительном воздействии промышленных аэрозолей может являться одним из патогенетических факторов возникновения и развития кардиоваскулярной патологии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Измеров Н.Ф., Тихонова Г.И. Проблема здоровья работающего населения в России. Проблемы прогнозирования. 2011; 3: 56–70.
2. Sjögren B., Gynzelberg F., Hilt B. Ischemic heart disease and welding in Scandinavian studies. *SJWEH Suppl* 2006; 2: 50–3.
3. Weiner J., Barlow L., Sjögren B. Ischemic heart disease mortality among miners and other potentially silica-exposed workers. *Amer. Ind. Hyg. Assoc. J.* 2007; 50: 403–8. DOI:10.1002/ajim.20466.
4. Оганов Р.Г., Шалькова С.А., Калинина А.М. Профилактика сердечно-сосудистых заболеваний. — М.: ГЭОТАР-Медиа; 2009.
5. Van Bortel L.M., Laurent S., Boutouyrie P., Chowienczyk P., Cruickshank J.K., De Backer T., et al. Expert consensus document on the measurement of aortic stiffness in daily practice using carotid-femoral pulse wave velocity. *J. Hypertens.* 2012; 30: 445–8. DOI: 10.1097/HJH.0b013e32834fa8b0.
6. Ziemann S.J. Mechanisms, pathophysiology and therapy of arterial stiffness. *Arterioscler. Thromb. Vase. Biol.* 2005; 25:932–43. DOI: 10.1161/01.ATV.0000160548.78317.29.
7. Park S., Lakatta G. Role of inflammation in the pathogenesis of arterial stiffness. *Yonsei Med J.* 2012; 53(2): 258–61. DOI: 10.3349/ymj.2012.53.2.258.
8. Арабидзе Г.Г. Клиническая иммунология атеросклероза — от теории к практике. *Атеросклероз и дислипидемии.* 2013; 1:4–19.
9. Yildiz M. Arterial distensibility in chronic inflammatory rheumatic disorders. *Open Cardiovasc Med J.* 2010; 4: 83–8. DOI: 10.2174/1874192401004020083.

10. Troseid M., Seljeflot I., Weiss T., Klemsdal T., Hjerkin E., Arnesen H. Arterial stiffness is independently associated with interleukin-18 and components of the metabolic syndrome. *Atherosclerosis*. 2010; 209: 337–9. DOI: 10.1016/j.atherosclerosis.2009.09.028.
11. Determinants of pulse wave velocity in healthy people and in the presence of cardiovascular risk factors: 'establishing normal and reference values' / The Reference Values for Arterial Stiffness' Collaboration. *Eur Heart J*. 2010; 31: 2338–50. DOI: 10.1093/eurheartj/ehq211.
12. Virdis A., Dell'Agnello U., Taddei S. Impact of inflammation on vascular disease in hypertension. *Maturitas*. 2014; 78(3): 179–83. DOI: 10.1016/j.maturitas.2014.04.012.
13. Cesari M., Penninx B.W., Newman A.B., Kritchevsky S.B., Nicklas B.J., Sutton-Tyrrell K., et al. Inflammatory markers and onset of cardiovascular events: results from the Health ABC study. *Circulation*. 2003; 108(19): 2317–22. DOI: 10.1161/01.CIR.0000097109.90783.FC.
14. Mäki-Petäjä K., Hall F., Booth A., Sharon M.L. Arthritis is Associated with Increased Aortic Pulse-Wave Velocity, Which Is Reduced by Anti — Tumor Necrosis Factor- α Therapy. *Circulation*. 2006; 114: 1185–92.
15. Kadota K., Takamura N., Aoyagi K., Yamasaki H., Usa T., Nakazato M. et al. Availability of cardio-ankle vascular index (CAVI) as a screening tool for atherosclerosis. *Circ J*. 2008; 72: 304–8. DOI: 10.1253/circj.72.304.
16. Aukrust P., Halvorsen B., Yndestad A., Oie E., Otterdal K., Gullestad L. et al. Chemokines and cardiovascular risk. *Arterioscler. Thromb. vasc. biol*. 2008; 28: 1909–19. DOI:10.1161/ATVBAHA.107.161240.
17. Кетлинский С.А., Симбирцев А.С. Цитокины. СПб.: ООО «Издательство Фолиант», 2008.
18. Серебренников С.Н., Симинский И.Ж. Роль цитокинов в воспалительном процессе. *Сибирский медицинский журнал*. 2008; 8: 5–9.
19. carotid-femoral pulse wave velocity. *J. Hypertens*. 2012; 30: 445–8. DOI: 10.1097/HJH.0b013e32834fa8b0.
20. Ziemann S.J. Mechanisms, pathophysiology and therapy of arterial stiffness. *Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol*. 2005; 25:932–43. DOI: 10.1161/01.ATV.0000160548.78317.29.
21. Park S., Lakatta G. Role of inflammation in the pathogenesis of arterial stiffness. *Yonsei Med J*. 2012; 53(2): 258–61. DOI: 10.3349/ymj.2012.53.2.258.
22. Arabidze G.G. Clinical immunology of atherosclerosis — from the theory to practice. *Atherosclerosis and dyslipidemia*. 2013; 1: 4–19. (in Russian).
23. Yildiz M. Arterial distensibility in chronic inflammatory rheumatic disorders. *OpenCardiovascMed J*. 2010; 4: 83–8. DOI: 10.2174/1874192401004020083.
24. Troseid M., Seljeflot I., Weiss T., Klemsdal T., Hjerkin E., Arnesen H. Arterial stiffness is independently associated with interleukin-18 and components of the metabolic syndrome. *Atherosclerosis*. 2010; 209: 337–9. DOI: 10.1016/j.atherosclerosis.2009.09.028.
25. Determinants of pulse wave velocity in healthy people and in the presence of cardiovascular risk factors: 'establishing normal and reference values' / The Reference Values for Arterial Stiffness' Collaboration. *Eur Heart J*. 2010; 31: 2338–50. DOI: 10.1093/eurheartj/ehq211.
26. Virdis A., Dell'Agnello U., Taddei S. Impact of inflammation on vascular disease in hypertension. *Maturitas*. 2014; 78(3): 179–83. DOI: 10.1016/j.maturitas.2014.04.012.
27. Cesari M., Penninx B.W., Newman A.B., Kritchevsky S.B., Nicklas B.J., Sutton-Tyrrell K., et al. Inflammatory markers and onset of cardiovascular events: results from the Health ABC study. *Circulation*. 2003; 108(19): 2317–22. DOI: 10.1161/01.CIR.0000097109.90783.FC.
28. Mäki-Petäjä K., Hall F., Booth A., Sharon M.L. Arthritis Is Associated With Increased Aortic Pulse-Wave Velocity, Which Is Reduced by Anti — Tumor Necrosis Factor- α Therapy. *Circulation*. 2006; 114: 1185–92.
29. Kadota K., Takamura N., Aoyagi K., Yamasaki H., Usa T., Nakazato M. et al. Availability of cardio-ankle vascular index (CAVI) as a screening tool for atherosclerosis. *Circ J*. 2008; 72: 304–8. DOI:10.1253/circj.72.304.
30. Aukrust P., Halvorsen B., Yndestad A., Oie E., Otterdal K., Gullestad L. et al. Chemokines and cardiovascular risk. *Arterioscler. Thromb. vasc. biol*. 2008; 28:1909–19. DOI: 10.1161/ATVBAHA.107.161240.
31. Ketlinskij S.A., Simbircev A.S. Cytokines. St. Petersburg: ООО «Издательство Фолиант»; 2008. (in Russian).
32. Serebrennikov S.N., Siminskij I.ZH. The role of cytokines in the inflammatory process. *Sibirskij medicinskij zhurnal*. 2008; 8: 5–9. (in Russian).

REFERENCES

1. Izmerov N.F., Tihonova G.I. The problem of the health of the working population in Russia. *Problemy prognozirovaniya*. 2011; 3: 56–70 (in Russian).
2. Sjögren B., Gyntelberg F., Hilt B. Ischemic heart disease and welding in Scandinavian studies. *SJWEH Suppl*. 2006; 2: 50–3.
3. Weiner J., Barlow L., Sjogren B. Ischemic heart disease mortality among miners and other potentially silica-exposed workers. *Amer. Ind. Hyg. Assoc. J*. 2007; 50: 403–8. DOI: 10.1002/ajim.20466.
4. Oganov R.G., SHal'kova S.A., Kalinina A.M. Prevention of cardiovascular diseases. M.: GEOTAR-Media; 2009 (in Russian).
5. Van Bortel L.M., Laurent S., Boutouyrie P., Chowienczyk P., Cruickshank J.K., De Backer T., et al. Expert consensus document on the measurement of aortic stiffness in daily practice using

Дата поступления / Received: 03.07.2019

Дата принятия к печати / Accepted: 11.10.2019

Дата публикации / Published: 28.10.2019

DOI: <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-10-855-859>

УДК 616.1:613.63

© Коллектив авторов, 2019

Милютина М.Ю.^{1,2}, Макарова Е.В.^{1,2}, Иванова Ю.В.¹, Меньков Н.В.², Пластинина С.С.²**Раннее сосудистое старение у лиц, работающих в условиях воздействия промышленного аэрозоля**¹ФБУН «Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора, ул. Семашко, 20, Нижний Новгород, Россия, 603950;²ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России, пл. Минина и Пожарского, 10/1, Нижний Новгород, Россия, 603005

Введение. В настоящее время набирает популярность концепция раннего сосудистого старения, проявляющегося увеличением жесткости сосудистой стенки. В качестве метода диагностики данного синдрома все чаще используется объемная сфигмография с определением сердечно-лодыжечного сосудистого индекса и расчетного возраста. Помимо изучения воздействия традиционных факторов сердечно-сосудистого риска на развитие ригидности сосудов, перспективным направлением является поиск дополнительных факторов, снижающих эластичность сосудистой стенки.

Цель исследования — оценить влияние промышленного аэрозоля на развитие синдрома раннего сосудистого старения у работников металлургического предприятия.

Материалы и методы. Обследованы 155 мужчин, работающих на металлургическом предприятии. В основную группу вошли 95 человек, работающих в условиях воздействия промышленного аэрозоля. В группу сравнения включены 60 работников, не подвергающихся воздействию промышленного аэрозоля. Всем обследуемым проведены периодический медицинский осмотр, оценка липидного спектра крови, статуса и стажа курения, исследование эластических свойств сосудистой стенки методом объемной сфигмографии.

Результаты. Исследование показало, что у лиц, работающих в условиях воздействия промышленного аэрозоля, сердечно-лодыжечный сосудистый индекс достоверно выше, чем у группы сравнения (7,13 [6,3;8] и 6,75 [6,1;7,13] соответственно, $p=0,006$). Расчетный возраст оставался сопоставимым с хронологическим у обследуемых обеих групп, однако был достоверно выше у лиц основной группы (42 [29;49] лет и 37,1 [29;44] лет соответственно, $p=0,014$). Повышение сердечно-лодыжечного сосудистого индекса относительно возрастной нормы было выявлено у 33,6% обследованных основной группы, что вдвое превышает данный показатель группы сравнения (16,6%). По данным расчетного сосудистого возраста раннее сосудистое старение было выявлено у 28,4% лиц основной группы и у 13,3% лиц группы сравнения. Достоверные различия появляются при стаже работы во вредных условиях более 10 лет в возрастной категории от 35 до 45 лет.

Выводы. Полученные результаты указывают на высокую распространенность раннего сосудистого старения у лиц, трудящихся в условиях воздействия промышленного аэрозоля.

Ключевые слова: раннее сосудистое старение; объемная сфигмография; жесткость сосудистой стенки.

Для цитирования: Милютина М.Ю., Макарова Е.В., Иванова Ю.В., Меньков Н.В., Пластинина С.С. Раннее сосудистое старение у лиц, работающих в условиях воздействия промышленного аэрозоля. *Мед. труда и пром. экол.* 2019; 59 (10). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-10-855-859>

Для корреспонденции: Милютина Марина Юрьевна, мл. науч. сотр. клинического отдела ФБУН «Нижегородский НИИ гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора, ассистент кафедры пропедевтики внутренних болезней ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России. E-mail: marinamilutina@bk.ru.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Marina Y. Milyutina^{1,2}, Ekaterina V. Makarova^{1,2}, Julija V. Ivanova¹, Nikolaj V. Men'kov², Svetlana S. Plastinina²**Syndrome of early vascular aging in persons working under the influence of industrial aerosol**¹Nizhny Novgorod Research Institute of Hygiene and Occupational Pathology, 20, Semashko str., Nizhny Novgorod, Russia, 603950;²Privolzhsky Research Medical University, 10/1, Minina and Pozharskogo sq., Nizhny Novgorod, Russia, 603005

Introduction. Currently, the concept of early vascular aging, manifested by an increase in the stiffness of the vascular wall, is gaining popularity. As a method of diagnosis of this syndrome, volumetric sphygmography is increasingly used to determine the cardiovascular ankle vascular index and estimated age. In addition to studying the impact of traditional cardiovascular risk factors on the development of vascular rigidity, a promising direction is the search for additional factors that reduce the elasticity of the vascular wall.

The aim of the study was to assess the effect of industrial aerosol on the development of early vascular aging syndrome in metallurgical workers.

Materials and methods. 155 men working at the metallurgical enterprise were examined. The main group included 95 people working in conditions of exposure to industrial aerosol. The comparison group included 60 workers not exposed to

industrial aerosol. All subjects underwent periodic medical examination, assessment of blood lipid spectrum, smoking status and experience, study of elastic properties of the vascular wall by volumetric sphygmography.

Results. The study showed that in persons working under the influence of industrial aerosol, the cardiovascular ankle vascular index was significantly higher than in the comparison group (7.13 [6.3; 8] and 6.75 [6.1; 7.13], respectively, $p=0.006$). The estimated age remained comparable with the chronological age of the two groups, but was significantly higher in the main group (42 [29; 49] years and 37.1 [29; 44] years, respectively, $p=0.014$). An increase in the cardiovascular-ankle vascular index relative to the age norm was revealed in 33.6% of the surveyed main group, which is twice higher than this indicator of the comparison group (16.6%). According to the calculated vascular age, early vascular aging was detected in 28.4% of the main group and in 13.3% of the comparison group. Significant differences appear when working in hazardous conditions for more than 10 years in the age category from 35 to 45 years.

Conclusions. The obtained results indicate a high prevalence of early vascular aging in persons working under the influence of industrial aerosol.

Keywords: early vascular aging; volumetric sphygmography; vascular wall stiffness

For citation: Milyutina M.Y., Makarova E.V., Ivanova J.V., Men'kov N.V., Plastinina S.S. Early vascular aging in persons working under exposure to industrial aerosol. *Med. truda i prom. ekol.* 2019; 59 (10). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-10-855-859>

For correspondence: Marina Y. Milyutina, junior researcher of clinical department of the Nizhny Novgorod Research Institute of Hygiene and Occupational Pathology, assistant of the department of propaedeutics of internal diseases of the Volga Research Medical University of the Ministry of Health of Russia. E-mail: marinamilutina@bk.ru.

Funding: The study had no funding.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

Введение. В настоящее время, несмотря на значительные успехи в диагностике, лечении и развитии профилактических подходов, продолжает возрастать число случаев сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ). Основным фактором риска (ФР) ССЗ является преклонный возраст, который считается фактором, не поддающимся коррекции. Наибольший интерес уделяется модифицируемому ФР, к которым относится артериальная гипертензия, курение, дислипидемия и другие [1,2]. Однако исследования показывают, что у половины пациентов с диагностированной ишемической болезнью сердца (ИБС) традиционные ФР отсутствуют [3]. Благодаря успехам в изучении механизмов старения удалось выявить, что у некоторых лиц инволютивные изменения в сосудах (кальциноз, дисфункция стволовых клеток и эндотелия) развиваются ускоренно. Это привело к развитию концепции раннего сосудистого старения (Early Vascular Aging — EVA-синдром), проявляющегося на органном уровне увеличением диаметра аорты и повышением жесткости артерий [1,4,5]. Данная концепция, предложенная Р.М. Nilsson (2014), продолжает набирать популярность [6]. При этом в качестве метода, позволяющего оценить жесткость сосудистой стенки, все чаще используется объемная сфигмография с определением сердечно-лодыжечного сосудистого индекса (Cardio-Ankle Vascular Index — CAVI) и расчетного возраста [7,8]. Эффективность объемной сфигмографии подтверждена результатами многочисленных эпидемиологических и клинических исследований [9]. Данный метод зарекомендовал себя как для скринингового исследования эластичности сосудов при проведении медицинских осмотров, так и для оценки динамики показателей ригидности сосудистой стенки на фоне лечения [10,11]. Расчетный возраст можно считать интегральным показателем сердечно-сосудистого риска [12–14]. Исследование ADVANTAGE выявило тесную связь процентного показателя риска сердечно-сосудистых событий (по модифицированной шкале ASCORE) с расчетным показателем сосудистого возраста [15]. Распространенность раннего сосудистого старения у лиц трудоспособного возраста достигает в российской популяции 20% [16]. Перспективным направлением исследований считается поиск дополнительных факторов, приводящих к снижению эластичности сосудов и развитию EVA-синдрома.

Цель исследования — оценить влияние промышленного аэрозоля на развитие синдрома раннего сосудистого старения у работников металлургического предприятия.

Материалы и методы. В исследование включены 155 мужчин, работающих в АО «Выксунский металлургический завод». Все обследуемые разделены на две группы. В 1 (основную) группу вошли 95 работников, работающих в условиях воздействия промышленного аэрозоля (содержащего компоненты сварочного аэрозоля, кремнеземосодержащей пыли и белого корунда) и производственного шума. Концентрации компонентов аэрозоля в воздухе рабочей зоны, по материалам специальной оценки, непостоянно превышали ПДК, находясь в пределах третьего класса 1 степени вредности. Уровень шума колебался от 82 до 90 дБа. Группа сравнения (2 группа) была сформирована из 60 работников, имеющих в качестве фактора вредности только производственный шум в вышеуказанных границах. Всем обследуемым проведен периодический медицинский осмотр на базе поликлиники ФБУН «НННИИГП» Роспотребнадзора по приказу Минздравсоцразвития от 12.04.2011 N 302н. Дополнительно проведена оценка липидного спектра крови, статуса и стажа курения. Исследовались эластические свойства сосудистой стенки методом объемной сфигмографии на приборе VaSera VS-1500N (FukudaDenshi, Япония). Оценивался сердечно-лодыжечный сосудистый индекс CAVI справа и слева (R-CAVI и L-CAVI), коэффициент Вайссера (PER/ET), рассчитывающийся как отношение периода напряжения (PER) ко времени изгнания (ET), а также расчетный возраст артерий. Индекс CAVI является международно признанным показателем истинной жесткости сосудов [17]. В качестве маркера EVA-синдрома использовался уровень CAVI, превышающий возрастную норму для каждого обследованного, а также превышение расчетного возраста над хронологическим на 4 года и более. Сравнительная характеристика групп представлена в таблице 1.

Критериями исключения из исследования являлись гипертоническая болезнь 2–3 стадии, ишемическая болезнь сердца, сахарный диабет и возраст старше 65 лет. Статистический анализ производился при помощи пакета программ «Statistica 6.0». При параметрическом распределении для описания результатов применялись среднее значение и значение среднеквадратического отклонения, $M \pm \sigma$. Непараметрические признаки описывались при помощи медианы и интерквартильного размаха — значения 25-го и 75-го перцентилей, $Me [Lq; Uq]$. Для оценки различий между несколькими группами использовался одно-

факторный дисперсионный анализ. Различия между группами считались достоверными при значении $p < 0,05$. Все обследованные лица подписали информированное согласие на участие в исследовании. Обследование соответствует этическим стандартам Хельсинской декларации (2000) и приказу Минздрава РФ от 19.06.2003 №266.

Результаты и обсуждение. Из характеристики, представленной в таблице 1, видно, что отбор обследованных проведен таким образом, что группы не имеют достоверных различий по возрасту, количеству курильщиков, стажу курения и показателям липидного обмена, т. е. сопоставимы по основным ФР сердечно-сосудистой патологии. Таким образом, созданы условия для оценки влияния промышленного аэрозоля на исследуемые параметры. Средние значения основных показателей сфигмографии изложены в табл. 2.

Средние значения R-CAVI и L-CAVI находились в пределах условной нормы у обследованных обеих групп. Однако у лиц, работающих в условиях промышленного аэрозоля, данный показатель был достоверно выше, чем у группы сравнения. В пределах нормы, но с достоверно более высоким уровнем в основной группе, находился и коэффициент Вайсслера, повышение которого расценивается как признак систолической дисфункции левого желудочка. Средний расчетный возраст был достоверно выше у работающих в контакте с промышленным аэрозолем, хотя и в основной группе, и в группе сравнения данный показатель оставался сопоставимым со средним значением хронологического возраста ($p = 0,3$, и $p = 0,6$ соответственно).

Для выявления лиц с признаками EVA-синдрома был проведен анализ внутри групп, уровень R-CAVI и L-CAVI был сопоставлен с условной возрастной нормой для каждого работника. Учитывались лица, у которых хотя бы один из индексов превышал норматив (клинически значимые различия CAVI справа и слева встречались лишь у единичных больных). В группе сравнения распространенность EVA-синдрома по данным CAVI составила 16,6% (10 человек), что не превышает средние популяционные показатели

[7,16], в то время как в основной группе лица с повышенной жесткостью артерий встречались в два раза чаще — у 33,6% (32 человека).

По данным расчетного сосудистого возраста раннее сосудистое старение было выявлено у 28,4% лиц (27 человек) основной группы и у 13,3% лиц (8 человек) группы сравнения. Небольшое снижение чувствительности расчетного возраста по сравнению с CAVI объясняется тем, что данный параметр представляется в виде 4-летнего интервала, поэтому лица с незначительным снижением эластичности сосудистой стенки попадают в свою возрастную категорию. Различия между группами по частоте встречаемости EVA-синдрома были достоверны как при выявлении по индексу CAVI, так и по расчетному возрасту ($p = 0,01$, и $p = 0,015$ соответственно).

С целью дифференцировки влияния возраста и стажа работы на развитие EVA-синдрома, была проведена оценка CAVI и расчетного возраста в различных возрастных группах (табл. 3). Так как достоверных различий между R-CAVI и L-CAVI выявлено не было, в дальнейшем для удобства расчетов использовался индекс R-CAVI.

Сравнительный анализ показал, что CAVI достоверно повышался с возрастом в обеих группах обследованных ($p < 0,01$). При этом в подгруппе младше 35 лет достоверных различий по индексу CAVI между лицами, занятыми в контакте с промышленным аэрозолем, и лицами из группы сравнения выявлено не было ($p = 0,157$). Средний стаж работы у лиц данной возрастной категории составил около 10 лет. В возрастной категории от 35 до 45 лет разница в жесткости сосудистой стенки между группами стала достоверной ($p = 0,049$), стаж работы у лиц данных подгрупп составлял более 10 лет. В возрастной группе старше 45 лет происходило уравнивание показателей ригидности, CAVI не имел достоверных различий между группами ($p = 0,96$). Расчетный возраст также не имел достоверных различий в подгруппах до 35 лет ($p = 0,16$) и старше 45 лет ($p = 0,7$) и был достоверно выше у лиц основной группы в категории от 35 до 45 лет ($p = 0,049$). В средней возрастной категории EVA-синдром встречался в 2 раза чаще

Таблица 1 / Table 1

Сравнительная характеристика исследуемых групп (при $p > 0,05$), Me [Lq; Uq], %
Comparative characteristics of the studied groups ($p > 0,05$), Me [Lq; Uq], %

Показатель	1 группа (n=95)	2 группа (n=60)
Возраст, лет	40,1 [31;49]	38,5 [33;42]
Стаж работы, лет	15,1 [9;20]	14,9 [9;19]
Количество курильщиков, %	42,1	43
Стаж курения, лет	17,5 [13;23]	17,3 [10;20]
Гипертоническая болезнь 1 стадии, % лиц	7,3	8,3
Общий холестерин, ммоль/л	5,4 [4,6; 6,1]	5,1 [4,3; 5,9]
Липопротеины высокой плотности, ммоль/л	1,29 [1,06;1,45]	1,36 [1,13;1,57]
Липопротеины низкой плотности, ммоль/л	3,14 [2,38;3,74]	2,96 [2,32;3,65]

Таблица 2 / Table 2

Средние значения основных показателей объемной сфигмографии, Me [Lq; Uq]
The average values of the main indicators of volume sphygmography, Me [Lq; Uq]

Параметр	Основная группа (n=95)	Группа сравнения (n=60)	p
индекс R-CAVI	7,13 [6,3;8]	6,75 [6,1;7,13]	0,006
индекс L-CAVI	7,14 [6,35;7,85]	6,8 [6,1;7,3]	0,023
расчетный возраст, лет	42 [29;49]	37,1 [29;44]	0,014
PER/ET (коэффициент Вайсслера)	0,33 [0,29;0,36]	0,31 [0,28;0,33]	0,003

Таблица 3/ Table 3

Сравнительная характеристика темпов изменения показателей сфигмографии в зависимости от возраста, Me [Lq; Uq], %

Comparative characteristics of the rate of change of sphygmography indicators depending on age, Me [Lq; Uq], %

Показатель	Группа	Возраст		
		до 35 лет	35–45 лет	старше 45 лет
Стаж работы, лет	основная	10 [9;11]	18 [12,5;19,5]	30 [21;35]
	сравнения	10 [6;13]	17 [12;19]	30 [27;37]
Индекс R-CAVI	основная	6,3 [6,1;6,7]	7,4 [6,9;7,9]*	8,1 [7,4;8,5]
	сравнения	6,1 [5,5;6,65]	6,9 [6,4;7,6]*	8,3 [7;8,8]
Расчетный возраст, лет	основная	29 [29;34]	42,5 [39;49]*	54 [49;59]
	сравнения	29 [26,5;29]	39 [34;44]*	59 [44;64]
Высокий CAVI, % лиц	основная	10,5	36,6*	65,3
	сравнения	4,1	14,8*	71,4

Примечание: * — значения, достоверно отличающиеся в основной группе и в группе сравнения ($p < 0,05$);

Note: values in bold are significantly different in the main group and in the comparison group ($p < 0.05$).

у лиц основной группы, чем в группе сравнения ($p = 0,03$), в то время как различия у лиц до 35 и старше 45 лет были незначительными ($p = 0,39$, и $p = 0,76$ соответственно).

Таким образом, результаты внутригруппового анализа показывают, что изменения сосудистой стенки под влиянием промышленного аэрозоля проявляются спустя 10 лет от начала работы во вредных условиях. Выравнивание показателей в старшей возрастной категории может быть следствием того, что возрастные изменения нивелируют воздействие профессиональных факторов. Корреляционный анализ подтвердил зависимость показателей жесткости сосудистой стенки и от традиционных факторов риска. Получены достоверные положительные корреляционные связи CAVI с возрастом ($r = 0,69$, $p < 0,0001$), стажем курения ($r = 0,69$, $p < 0,0001$), уровнем общего холестерина ($r = 0,3$, $p = 0,004$) и уровнем липопротеинов низкой плотности ($r = 0,26$, $p = 0,01$). Имелась тесная связь CAVI с расчетным возрастом ($r = 0,9$, $p < 0,0001$), и соотношением РЕР/ЕТ ($r = 0,27$, $p = 0,008$).

Патофизиологические связи между воздействием промышленного аэрозоля и повышением жесткости сосудов требуют дальнейшего изучения. Данные зарубежных экспериментальных и клинических исследований показывают, что развитие изменений сосудистой стенки при длительном вдыхании аэрозолей, содержащих твердые частицы, может быть следствием вегетативного дисбаланса, прямого воздействия при проникновении частиц в эндотелий, а также развития системного воспаления и/или окислительного стресса [18,19]. Развитие системного воспаления с повышением уровня С-реактивного белка и фактора некроза опухоли-альфа (ФНО-α) у работников, занятых в условиях воздействия промышленных аэрополлютантов, подтверждено и отечественными исследователями [20]. С другой стороны, системное воспаление рассматривается как один из пусковых механизмов старения. Исследования, посвященные данной проблеме, показали, что при естественных инволютивных процессах наблюдается повышение С-реактивного белка, ФНО-α и др., что позволяет ряду исследователей считать старение проявлением хронического воспалительного процесса [1].

Выводы:

1. Выявлена высокая распространенность раннего сосудистого старения у лиц, трудящихся в условиях вдыхания промышленного аэрозоля (33,6%).

2. Достоверные различия по средним значениям параметров и процентному отношению лиц с признаками раннего

сосудистого старения появляются при стаже работы во вредных условиях более 10 лет в возрастной группе 35–45 лет.

3. Целесообразно использование объемной сфигмометрии для клинической диагностики патологии сердечно-сосудистой системы при проведении медицинских осмотров работающего населения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стражеско И.Д., Акашева Д.У., Дудинская Е.Н., Ткачева О.Н. Старение сосудов: основные признаки и механизмы. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2012; 11(4):93–100.
2. Олейников В.Э. и др. Комплексная оценка показателей ригидности артерий и традиционных факторов риска как предикторов синдрома раннего сосудистого старения. *Российский кардиологический журнал*. 2018; 23(3): 31–6. DOI: 10.15829/1560-4071-2018-3-31-36
3. Kim H. Arterial stiffness and coronary artery disease. *South Korea. EMJ Cardiology*. 2016; 4(1):84–9. DOI: 10.1097/HCO.0000000000000179
4. Nilsson P.M., Lurbe E., Laurent S. The early life origins of vascular ageing and cardiovascular risk: the EVA syndrome [review]. *J Hypertens*. 2008; 26 (6): 1049–57. DOI: 10.1097/HJH.0b013e3282f82c3e.
5. Черняк С.В. и др. Синдром раннего старения сосудов: научная гипотеза, или новая стратегия органопротекции. *Лечебное дело: научно-практический терапевтический ж-л*. 2014; 4(38): 45–8.
6. Nilsson P.M. Hemodynamic aging as the consequence of structural changes associated with Early Vascular Aging (EVA). *Aging Dis*. 2014; 5(2): 109–13. DOI: 10.14336/AD.2014.0500109.
7. Солдатенкова Н.А. и др. Раннее сосудистое старение: распространенность и предикторы в российской популяции. *Биотехносфера*. 2016; 2(44): 22–8.
8. Гайсенок О.В. и др. Применение индекса CAVI в клинической практике: расчетный сосудистый возраст как инструмент для принятия решения о дополнительном обследовании пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями. *Кардиология*. 2015; 7: 51–6. DOI: 18565/cardio.2015.7.51–56.
9. Endes S. et al. (2016) Associations of Novel and Traditional Vascular Biomarkers of Arterial Stiffness: Results of the SAPALDIA 3 Cohort Study. *PLoS ONE*. 11(9): e0163844. DOI: 10.1371/journal.pone.0163844.
10. Трошин В.В., Федотов В.Д. Возможность исследования жесткости сосудистой стенки при периодических медицинских

осмотрах для выявления групп риска по сердечно-сосудистой патологии. *ЗНУСО*. 2017; 6 (291): 22–4.

11. Михин В.П., Болдырева Ю.А., Чернятина М.А., Громнацкий Н.И. Состояние параметров жесткости сосудистой стенки у больных артериальной гипертензией на фоне комплексной терапии цитопротекторами и сартанами. *Архивъ внутренней медицины*. 2015; 5: 40–4. DOI: 10.20514/2226-6704-2015-0-5-15

12. Groenewegen K.A. et al. Vascular age to determine cardiovascular disease risk: a systematic review of its concepts, definitions, and clinical applications. *Eur J Prev Cardiol*. 2016; 23(3): 264–74. DOI: 10.1177/2047487314566999

13. Васюк Ю.А., Иванова С.В., Школьник Е.А., Котовская Ю.В., Миягин В.А., Олейников В.Э. Согласованное мнение российских экспертов по оценке артериальной жесткости в клинической практике. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2016; 15(2): 4–19. DOI: 10.15829/1728-8800-2016-2-4-19.

14. Townsend R.R. et al. Recommendations for improving and standardizing vascular research on arterial stiffness: a scientific statement from the American heart association. *Hypertension*. 2015; 66 (3): 698–722. DOI: 10.1161/HYP.0000000000000033.

15. Карпов Ю.А., Сорокин Е.В. Влияние комбинированной гипотензивной терапии на риск сердечно-сосудистых осложнений и сосудистый возраст: результаты многоцентрового открытого исследования ADVANT'AGE. *Атмосфера. Новости кардиологии*. 2015; 3: 2–10.

16. Заирова А.Р. и др. Артериальная жесткость и «сосудистое старение» во взаимосвязи с коагулогическими факторами риска развития сердечно-сосудистых заболеваний, показателями липидного и углеводного обмена в популяции взрослого населения Томска по данным исследования ЭССЕ-РФ. *Кардиологический вестник*. 2018; 13 (1): 5–15. DOI: 10.17116/Cardiobulletin20181315-15.

17. Endes S. et al. Feasibility of oscillometric aortic pressure and stiffness assessment using the VaSera VS-1500: comparison with a common tonometric method. *Blood Press Monit*. 2015; 20:273–79. DOI: 10.1097/MBP.0000000000000137.

18. Brook R.D. Cardiovascular effects of air pollution. *Clin Sci*. 2008; 115(6):175–87. DOI: 10.1042/CS20070444

19. Schulz H. et al. Cardiovascular effects of fine and ultrafine particles. *J Aerosol Med*. 2005; 18(1):1–22. DOI: 10.1089/jam.2005.18.1

20. Чашин М.В. и др. Сварочный аэрозоль как фактор риска развития болезней органов кровообращения. *ЗНУСО*. 2013; 5 (242):14–5.

REFERENCES

1. Strazhesko I.D., Akasheva D.U., Dudinskaya E.N., Tkacheva O.N. Vascular aging: the main features and mechanisms. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika*. 2012; 11(4): 93–100. (in Russian).

2. Oleynikov V.E., Khromova A.A., Burko N.V., Salyamova L.I., Borisova N.A., Matrosova I.B. Comprehensive assessment of arterial stiffness and traditional risk factors as predictors of early vascular aging syndrome. *Rossiyskiy kardiologicheskiy zhurnal*. 2018; 23(3): 31–6. DOI: 10.15829/1560-4071-2018-3-31-36 (in Russian).

3. Kim H. Arterial stiffness and coronary artery disease. *South Korea. EMJ Cardiology*. 2016; 4(1): 84–9. DOI: 10.1097/HCO.0000000000000179

4. Nilsson P.M., Lurbe E., Laurent S. The early life origins of vascular ageing and cardiovascular risk: the EVA syndrome [review]. *J Hypertens*. 2008; 26(6): 1049–57. DOI: 10.1097/HJH.0b013e3282f82c3e.

5. Nilsson P.M. Hemodynamic aging as the consequence of structural changes associated with Early Vascular Aging (EVA). *Aging Dis*. 2014; 5(2): 109–13. DOI: 10.14336/AD.2014.0500109.

6. Chernyak S.V. et al. Syndrome of early aging of blood vessels: a scientific hypothesis, or a new strategy of organoprotection. *Lechebnoe delo: nauchno-prakticheskiy terapevticheskiy zhurnal*. 2014; 4(38): 45–8. (in Russian).

7. Soldatenkova N.A. et al. Early vascular aging: prevalence and predictors in the Russian population. *Biotehnosfera*. 2016; 2(44):22–8. (in Russian).

8. Gaysenok O.V. et al. The use of the CAVI index in clinical practice: estimated vascular age as a tool for making decisions about additional examination of patients with cardiovascular diseases. *Kardiologiya*. 2015; 7:51–6. DOI: 18565/cardio.2015.7.51-56 (in Russian).

9. Endes S. et al. (2016) Associations of Novel and Traditional Vascular Biomarkers of Arterial Stiffness: Results of the SAPALDIA 3 Cohort Study. *PLoS ONE* 11(9): e0163844. DOI: 10.1371/journal.pone.0163844.

10. Troshin V.V., Fedotov V.D. The ability to study the rigidity of the vascular wall during periodic medical examinations to identify risk groups for cardiovascular pathology. *ZNiSO*. 2017; 6 (291): 22–4 (in Russian).

11. Mikhin V.P., et al. The state of parameters of stiffness of the vascular wall in patients with arterial hypertension on the background of complex therapy with cytoprotectors and sartans. *Arkhivъ vnutrenney meditsiny*. 2015; 5:40–4. DOI: 10.20514/2226-6704-2015-0-5-15 (in Russian).

12. Groenewegen K.A. et al. Vascular age to determine cardiovascular disease risk: a systematic review of its concepts, definitions, and clinical applications. *Eur J Prev Cardiol*. 2016; 23(3): 264–74. DOI: 10.1177/2047487314566999

13. Vasyuk Yu.A. et al. Consistent opinion of Russian experts on arterial stiffness in clinical practice. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika*. 2016; 15(2): 4–19. DOI: 10.15829/1728-8800-2016-2-4-19 (in Russian).

14. Townsend R.R. et al. Recommendations for improving and standardizing vascular research on arterial stiffness: a scientific statement from the American heart association. *Hypertension*. 2015; 66(3):698–722. DOI: 10.1161/HYP.0000000000000033.

15. Karpov Yu.A., Sorokin E.V. The effect of combined antihypertensive therapy on the risk of cardiovascular complications and vascular age: the results of a multicenter open-label study ADVANT'AGE. *Атмосфера. Новости кардиологии*. 2015; 3: 2–10. (in Russian)

16. Zairova A.R., Rogoz A.N., Dobrovol'skiy A.B., Oshchepkova E.V., Titaeva E.V., Starostin I.V. i dr. Arterial stiffness and “vascular aging” in conjunction with coagological risk factors for the development of cardiovascular diseases, lipid and carbohydrate metabolism in the adult population of Tomsk according to the ESSE-RF study. *Kardiologicheskiy vestnik*. 2018; 13(1):5–15. DOI: 10.17116/Cardiobulletin20181315-15 (in Russian).

17. Endes S, Bachler M, Li Y, Mayer C, Hanssen H, Hametner B, et al. Feasibility of oscillometric aortic pressure and stiffness assessment using the VaSera VS-1500: comparison with a common tonometric method. *Blood Press Monit*. 2015; 20:273–79. DOI: 10.1097/MBP.0000000000000137

18. Brook R.D. Cardiovascular effects of air pollution. *Clin Sci*. 2008; 115(6): 175–87. DOI: 10.1042/CS20070444.

19. Schulz H. Cardiovascular effects of fine and ultrafine particles. *J Aerosol Med*. 2005; 18(1): 1–22. DOI: 10.1089/jam.2005.18.1

20. Chashchin M.V. et al. Welding aerosol as a risk factor for the development of circulatory diseases. *ZNiSO*. 2013; 5 (242): 14–5 (in Russian).

Дата поступления / Received: 03.07.2019

Дата принятия к печати / Accepted: 12.10.2019

Дата публикации / Published: 28.10.2019

Влияние интенсивных физических нагрузок на биохимические показатели систем антиоксидантной защиты и оксида азота у спортсменов-пловцов

ФБУН «Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора, ул. Семашко, 20, Нижний Новгород, Россия, 603950

Введение. Интенсивные физические нагрузки приводят к нарушению гомеостаза, который поддерживается сбалансированной работой систем защиты организма от оксидативного стресса, в частности, антиоксидантной, тиолдисульфидной и системой оксида азота. Исследование данных показателей позволит улучшить механизмы адаптации организма человека к физическим нагрузкам.

Цель исследования — выявить особенности изменений систем антиоксидантной защиты и оксида азота при интенсивных физических нагрузках у спортсменов-пловцов.

Материалы и методы. Исследована кровь спортсменов-пловцов ($n=30$, возраст $23,0 \pm 2,5$ года) в условиях интенсивных физических нагрузок. Оксидативный стресс, общая антиоксидантная способность сыворотки, уровни глутатиона и метаболитов оксида азота изучались фотометрическими биохимическими методами.

Результаты. У 73,3% спортсменов после интенсивных физических нагрузок сохранялся повышенный уровень окисленного глутатиона, у 30% наблюдался высокий уровень оксидативного стресса, у 26,7% уровень антиоксидантной способности сыворотки низкий, у 73,3% была снижена относительно начального уровня концентрация метаболитов оксида азота.

Заключение. Интенсивная физическая активность приводит к оксидативному стрессу и нарушениям в антиоксидантной системе организма спортсмена. С увеличением нагрузки степень нарушений возрастает. Увеличивается уровень оксидативного стресса, снижается общая антиоксидантная способность сыворотки, нарушается функционирование глутатиона. Интегральные показатели оксидативного стресса, а также фракции глутатиона можно рекомендовать для мониторинга состояния оксидативного стресса.

Ключевые слова: окислительный стресс; антиоксидантная способность; глутатион; оксид азота

Для цитирования: Блинова Т.В., Страхова Л.А., Колесов С.А. Влияние интенсивных физических нагрузок на биохимические показатели систем антиоксидантной защиты и оксида азота у спортсменов-пловцов. *Мед. труда и пром. экол.* 2019; 59 (10). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-10-860-865>

Для корреспонденции: Блинова Татьяна Владимировна, вед. науч. сотр. клинического отдела Федерального бюджетного учреждения науки «Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора, д-р мед. наук. E-mail: btvdm@yandex.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Tatyana V. Blinova, Larisa A. Strakhova, Sergey A. Kolesov

The effect of intense physical exertion on the biochemical parameters of antioxidant protection systems and nitric oxide in swimming athletes

Nizhny Novgorod research institute for hygiene and occupational pathology, 20, Semashko str., Nizhny Novgorod, Russia, 603950

Introduction. Intense physical activity leads to a violation of homeostasis, which is supported by a balanced work of the body's defense systems against oxidative stress, in particular, antioxidant, thiol disulfide and nitric oxide system. The study of these indicators will improve the mechanisms of adaptation of the human body to physical activity.

The aim of the study was to identify the features of changes in antioxidant protection systems and nitric oxide during intense physical activity in athletes-swimmers.

Materials and methods. Blood of athletes-swimmers ($n=30$, age $23,0 \pm 2,5$ years) in the conditions of intensive physical loadings is investigated. Oxidative stress, total serum antioxidant capacity, glutathione levels and nitric oxide metabolites were studied by photometric biochemical methods.

Results. In 73.3% of athletes after intense physical activity remained elevated levels of oxidized glutathione, 30% had a high level of oxidative stress, 26.7% of the level of antioxidant capacity of serum is low, 73.3% was reduced relative to the initial level of the concentration of nitric oxide metabolites.

Conclusion. Intense physical activity leads to oxidative stress and disturbances in the antioxidant system of the athlete's body. With increasing load, the degree of violations increases. The level of oxidative stress increases, the total antioxidant capacity of serum decreases, the functioning of glutathione is disrupted. Integral indicators of oxidative stress, as well as glutathione fractions can be recommended for monitoring the state of oxidative stress.

Keywords: oxidative stress; antioxidant capacity; glutathione; nitric oxide

For citation: Blinova T.V., Strakhova L.A., Kolesov S.A. The effect of intense physical exertion on the biochemical parameters of antioxidant protection systems and nitric oxide in swimming athletes. *Med. truda i prom. ekol.* 2019; 59 (10). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-10-860-865>

For correspondence: Tatyana V. Blinova, leading researcher of clinical department of the Nizhny Novgorod Research Institute of Hygiene and Occupational Pathology of Rospotrebnadzor, Dr. of Sci. (Med.). E-mail: btvdn@yandex.ru

Funding: The study had no funding.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

Введение. Интенсивные физические нагрузки (ИФН) являются одним из значимых факторов, которые оказывают неблагоприятное воздействие на организм человека. В результате их влияния возникает метаболический стресс, обусловленный усиленным потреблением кислорода, повышением активности ферментов, в частности оксидаз, увеличением производства катехоламинов. ИФН приводят к микротравмам мышц и скрытым воспалительным реакциям, что активизирует работу макрофагов и усиленное производство оксида азота [1,2]. В результате создаются все условия для образования избыточного количества свободных радикалов и реакционноспособных кислородно-азотных элементов, которые могут привести к возникновению оксидативного и нитрозативного стрессов [3,4]. Нейтрализация свободных радикалов осуществляется системой антиоксидантов, к которой относятся ферменты, витамины, гормоны, флавоноиды и другие биологически активные вещества, а также тиолдисульфидная система на основе глутатиона — основного неферментного антиоксиданта [5]. В тесной связи с данными системами находится система оксида азота, являющаяся регулятором многих физиологических и биохимических процессов в организме человека [6]. Мнения исследователей относительно роли оксидативного стресса (ОС) при физической активности различны. Изучая влияние ИФН на организм спортсменов, многие отмечают увеличение различных биомаркеров ОС после интенсивных аэробных и анаэробных упражнений, а свободные радикалы рассматривают как наносящие вред организму спортсмена [7]. ИФН у спортсменов дзюдоистов, пловцов, легкоатлетов, футболистов, тяжелоатлетов приводят к увеличению производства митохондриями свободных радикалов, вызывают увеличение в сыворотке крови маркеров ОС, воспалительных цитокинов, негативно влияют на антиоксидантные резервы организма [8,9]. Ряд исследований свидетельствует о том, что плановые регулярные тренировки способствуют адаптации организма к физическим нагрузкам, что может препятствовать накоплению свободных радикалов и значительно активировать антиоксидантную защиту организма [10]. Другие авторы считают, что временные сдвиги в редокс — балансе при постоянных многократных тренировках являются сигналом для включения процессов антиоксидантной защиты, и, следовательно, могут оказать положительное воздействие на антиоксидантную защиту от свободных радикалов [11]. Таким образом, вопросы, касающиеся роли ОС и антиоксидантной защиты организма при ИФН, требуют дальнейшего исследования. Актуальность таких исследований обусловлена еще и тем, что проблемы, касающиеся повышения трудоспособности и толерантности к ИФН рассматриваются не только у спортсменов, но и у других лиц, трудовая деятельность которых связана с физическими нагрузками.

Цель исследования — выявить особенности изменений систем антиоксидантной защиты и оксида азота при интенсивных физических нагрузках у спортсменов-пловцов.

Материалы и методы. Все участники дали добровольное информированное согласие на обследование и опубликование полученных результатов. Проведенная работа не ущемляла права и не подвергала опасности обследованных лиц в соответствии с требованиями биомедицинской этики, предъявляемыми Хельсинской Декларацией Всемирной

медицинской ассоциации (2000) и Приказам Минздрава РФ № 266 (от 19.06.2003).

Исследование проводилось в рандомизированном контролируемом опыте. В качестве модели влияния ИФН на организм человека были выбраны спортсмены циклического вида спорта — мужчины в возрасте от 21 до 25 лет ($23,0 \pm 2,5$ года), которые входили в студенческую сборную института по плаванию ($n=30$). Индекс массы тела составил $21,9 \pm 1,3$ кг/м².

Тренировочный процесс спортсменов был разделен на три этапа. Первый (15 дней) и третий (15 дней) этапы не отличались характером плановых тренировок. Они включали еженедельно три тренировки в бассейне и одно занятие в тренажерном зале. На втором этапе (15 дней) интенсивность физических нагрузок была увеличена в 2 раза — четыре тренировки в бассейне и две тренировки в тренажерном зале. За 15 дней первого и третьего этапов спортсмены проплыли по 15 000,0 м; длина заплывов за 15 дней второго этапа составила 22 000,0 м. Группу сравнения составили мужчины, сопоставимые по возрасту, не занимающиеся спортом ($n=25$). По данным клинического обследования и лабораторных показателей, все участники были практически здоровыми лицами.

Забор крови у спортсменов проводился три раза после каждого этапа тренировок (1-е, 2-е и 3-е исследования). У лиц группы сравнения забор крови проводили один раз. Кровь отбирали утром натощак путем венепункции локтевой вены в вакуумную пробирку. Сыворотку получали стандартным методом, делили на аликвоты по 0,5 мл и хранили до исследования при минус 80 °С. Интегральные показатели ОС и общей антиоксидантной способности сыворотки (АОС) определялись с помощью наборов реагентов «PerOx (TOS/TOC) Kit» и «ImAnOx (TAS/TAC) Kit» фирмы «Immundiagnostik» (Германия). ОС оценивали по количеству присутствующих в сыворотке крови пероксидов, АОС — по количеству разложившейся экзогенно введенной перекиси водорода. Результаты выражали в мкмоль/л. Градация уровней ОС и АОС (высокий, средний, низкий) оценивалась согласно рекомендациям производителей наборов. Уровень общего глутатиона (TG), восстановленного (GS) и окисленного (GSSG) определялся в цельной крови по методу Элмана [12]. Уровень метаболитов оксида азота (NOx) определялся по методике Метельской В.А. и Гумановой Н.Г. [13].

Количественные данные представлены как медиана (Me) и межквартильное расстояние (25–75%) — Me (Lq — Uq). Достоверность различий полученных данных оценивалась по непараметрическому критерию Манна-Уитни. При нормальном распределении признаков данные представляются в виде средней и ошибки средней $M \pm m$, достоверность оценивалась по критерию Стьюдента. Статистически значимыми считались различия при $p < 0,05$ (уровень вероятности $> 95\%$). Статистическая обработка полученных данных проводилась с помощью пакета прикладных программ Statistica 6.1 (StatsoftInc, USA).

Результаты. Полученные результаты выявили различия в изменениях показателей, отражающих состояние ОС и антиоксидантных систем организма спортсменов на разных этапах тренировок. Динамика показателей ОС и АОС представлена в табл. 1 и 2.

Таблица 1 / Table 1

Частота уровней ОС и его количественная характеристика у спортсменов-пловцов ($n=30$) в динамике исследования, %, (Me (Lq — Uq))

The frequency of OS levels and its quantitative characteristics in swimmers ($n=30$) in the dynamics of the study, %, (Me (Lq-Uq))

Уровень ОС, статистические показатели	Исследование		
	1	2	3
	ОС, %		
Низкий (менее 180 мкмоль/л)	46,7	53,4	46,7
Средний (180–310 мкмоль/л)	20,0	16,6	23,3
Высокий (более 310 мкмоль/л)	33,3	30,0	30,0
ОС, мкмоль/л			
Медиана	244,8	176,3	179,9
25% квартиль	94,2	119,9	101,6
75% квартиль	343,2	237,5	310,9
p^*	$p_{1,2}=0,41, p_{1,3}=0,08, p_{2,3}=0,08$		

Примечание: p^* — достоверность показателей между разными исследованиями в группе спортсменов-пловцов.

Note: p^* — reliability of indicators between different studies in a group of swimmers.

Таблица 2 / Table 2

Частота уровней АОС и ее количественная характеристика у спортсменов-пловцов ($n=30$) в динамике исследования, %, (Me (Lq — Uq))

The frequency levels of AOC and its quantitative characteristics in athletes-swimmers ($n=30$) in the dynamics of the study, %, (Me (Lq — Uq))

Уровень АОС, статистические показатели	Исследование		
	1	2	3
	АОС, %		
Низкий (менее 280 мкмоль/л)	0	26,7	20,0
Средний (280–320 мкмоль/л)	33,7	40,0	13,3
Высокий (более 320 мкмоль/л)	66,3	33,3	66,7
АОС, мкмоль/л			
Медиана	336,7	295,9	348,5
25% квартиль	319,6	274,8	293,8
75% квартиль	347,9	319,4	368,9
p^*	$p_{1,2}=0,003, p_{1,3}=0,38, p_{2,3}=0,003$		

Примечание: p^* — достоверность показателей между разными исследованиями в группе спортсменов-пловцов.

Note: p^* — reliability of indicators between different studies in a group of swimmers.

Как следует из представленных результатов, при первом исследовании после плановых тренировок у спортсменов преобладал ОС низкого и среднего уровня (66,7%), высокий уровень ОС наблюдался у меньшего числа лиц (табл. 1). В последующие сроки такое соотношение сохранялось: доля лиц с высоким уровнем ОС в третьем исследовании оставалась на уровне первого исследования, не было отмечено снижения количества пероксидов ($p_{1,3}=0,08, p_{2,3}=0,08$). При первом исследовании после плановых тренировок у спортсменов преобладал высокий и средний уровни АОС (100,0%) (табл. 2). Второе исследование показало, что после ИФН количество разложившихся пероксидов уменьшилось ($p_{1,2}=0,003$) и увеличилась доля лиц с низким уровнем АОС (от 0% до 26,7%).

К третьему исследованию высокий уровень АОС наблюдался у 66,7%; низкий уровень АОС был выявлен у 20,0%.

Динамика показателей TG, GS и GSSG представлена в табл. 3.

Анализ данных показал, что содержание TG у спортсменов на всех этапах наблюдения не выходило за пределы результатов, полученных для группы сравнения ($p_1=0,38, p_2=0,23, p_3=0,15$). После ИФН (2-е исследование) и последующих плановых тренировок наблюдалось снижение содержания TG ($p_{1,2}=0,36; p_{1,3}=0,046; p_{2,3}=0,02$) по сравнению с началом исследования. Во все периоды наблюдения количество GS в группе спортсменов находилось на нижней границе значений, установленных для лиц группы сравнения ($p_1=0,26; p_2=0,08; p_3=0,12$). После ИФН у спортсменов наблюдалось снижение уровня GS ($p_{2,3}=0,008$) по сравнению с его содержанием в крови после плановых тренировочных занятий (1-е исследование). Содержание GSSG у спортсменов при 1-м исследовании на 30% превышало его уровень в группе сравнения ($p=0,003$) и на протяжении всего периода наблюдения оставалось повышенным. Отношение GS/GSSG к концу наблюдения составило 8,5 ед.

Анализ частоты изменений показателей GS и GSSG показал, что у 73,3% спортсменов при первом исследовании наблюдалось повышенное количество GSSG, превышающее его нормальный уровень в 2 и более раз и достигающее у некоторых лиц 220 мкмоль/л. Коэффициент GS/GSSG у данных лиц составлял в среднем 4,8 ед. На следующих этапах повышенный уровень GSSG сохранялся у 63,3% спортсменов, в то время как в группе сравнения повышенный уровень GSSG наблюдался только у 13,4% обследуемых лиц.

Динамика количества общих метаболитов оксида азота представлена в табл. 4.

Полученные результаты показали, что в период плановых тренировок, проходящих с одинаковой физической нагрузкой (1-е исследование), содержание метаболитов NOx превышало его уровень в группе сравнения в 4 раза ($p=0,0001$). После 15 дней ИФН концентрация NOx в крови спортсменов уменьшилась ($p_{1,2}=0,029$), и в последующие сроки достигла своего начального уровня.

Обсуждение. Таким образом, можно отметить, что у обследуемых спортсменов-пловцов после плановых тренировочных занятий наблюдались негативные изменения со стороны системы свободно-радикального окисления и антиоксидантных систем. У четверти лиц наблюдался высокий уровень ОС, почти у половины обследуемых снижалась концентрация GS и повышалось содержание GSSG, что свидетельствовало об избыточном образовании свободных радикалов и нарушениях в работе тиолдисульфидной системы на основе глутатиона. Однако, учитывая адаптацию спортсменов к плановым физическим нагрузкам, выявленные нарушения компенсировались интенсивной работой других антиоксидантных систем и системы оксида азота, что выражалось в преобладании высокого уровня общей АОС и повышении концентрации метаболитов оксида азота, способствующих вазодилатации и притоку кислорода к работающим мышцам [6]. Можно полагать, что при ежедневной плановой физической нагрузке у профессиональных спортсменов ОС является преходящим и носящим обратимый характер благодаря активному функционированию разных звеньев антиоксидантной защиты — ферментных систем, низкомолекулярных антиоксидантов, системы глутатиона. После ИФН и в последующие сроки, несмотря на переход к плановым тренировкам, негативные изменения со стороны изучаемых систем сохранялись. Доля лиц с высоким уровнем ОС не изменялась, у половины спор-

Таблица 3 / Table 3

Показатели TG, GS и GSSG в крови спортсменов-пловцов в динамике исследования, Ме (Lq — Uq)
Indicators of TG, GS and GSSG in the blood of swimmers in the dynamics of the study, Me (Lq-Uq)

Показатель	Исследование				Р
	1	2	3	Группа сравнения	
TG, ммоль/л	946,8 (823,4–1107,5)	888,3 (715,6–940,5)	871,5 (723,5–987,2)	951,0 (827,2–1001,1)	$p_{1,2}=0,36$ $p_{2,3}=0,02$ $p_{1,3}=0,046$
GS ммоль/л	792,1 (678,0–73,6)	713,9 (635,7–753,0)	733,5 (635,7–753,0)	817,1 (749,2–892,1)	$p_{1,2}=0,01$ $p_{2,3}=0,008$ $p_{1,3}=0,19$
GSSG, ммоль/л	84,7 (49,0–163,8)	85,4 (39,1–175,9)	79,1 (38,1–168,5)	60,1 (39,1–60,3)	$p_{1,2}=0,15$ $p_{2,3}=0,05$ $p_{1,3}=0,07$
GS/GSSG	9,2 (8,7–15,3)	7,2 (5,5–10,1)	8,5 (7,5–12,8)	12,5 (11,2–21,3)	$p_{1,2}=0,02$ $p_{2,3}=0,049$ $p_{1,3}=0,08$

Примечание: p^* — достоверность показателей между разными исследованиями в группе спортсменов-пловцов

Note: p^* — reliability of indicators between different studies in the group of swimmers

тсменов сохранялась повышенной фракция GSSG, у пятой части спортсменов снизился уровень общей АОС. Снижение метаболитов NOx наблюдалось у 73,3% после ИФН относительно их уровня при первом исследовании и у 43,3% лиц — после перехода к плановым тренировочным занятиям (третье исследование). Такие изменения обусловлены, по-видимому, нарушением регуляторных механизмов, поддерживающих работу антиоксидантной системы при ИФН.

Таблица 4 / Table 4

Показатель количества общих NOx в сыворотке крови спортсменов-пловцов (n=30) в динамике исследования, (Me (Lq — Uq))

The number of total NOx in the serum of athletes-swimmers (n=30) in the dynamics of the study, (Me (Lq — Uq))

Исследование	NOx (мкмоль/л)
1	108,3 (102,1–112,4)
2	89,5 (66,6–97,9)
3	116,9 (81,0–129,1)
p^*	$p_{1,2}=0,029$; $p_{2,3}=0,064$ $p_{1,3}=0,49$
Группа сравнения (n=25)	27,6 (20,6–32,4)

Примечание: p^* — достоверность показателей между разными исследованиями в группе спортсменов-пловцов

Note: p^* — reliability of indicators between different studies in the group of swimmers

Следует отметить, что анализ представленных данных был выполнен на основании традиционной оценки результатов — средних величин исследуемых показателей ОС, АОС, GS, GSSG и NOx, что позволило дать общее представление о состоянии изученных систем при физической нагрузке. Однако персонализированный подход к результатам позволил выявить индивидуальную реакцию организма спортсменов на физическую активность. Наблюдения показали, что у трех спортсменов с высоким уровнем ОС была выявлена повышенная концентрация в крови фракции GSSG, свидетельствующая об истощении системы глутатиона. Не вызывает сомнения, что активные формы кислорода в избыточном количестве могут повреждать белки и липиды клеточных и митохондриальных мембран и тем

самым вызывать снижение GS в митохондриях и нарушать его транспорт в биологические жидкости [14,15]. Дефицит GS и появление GSSG приводит к распространенному повреждению митохондрий, GSSG нарушает клеточные молекулярно-биохимические процессы, страдает тканевое дыхание, развивается тканевая гипоксия, что является крайне неблагоприятным фактором для спортсменов-пловцов. В тоже время, у двух спортсменов высокий уровень ОС не сопровождался нарушениями в системе глутатиона, что связано, по-видимому, с активной работой ферментных систем, перехватывающих свободные радикалы, или способностью ферментов активно синтезировать глутатион. То есть антиоксидантная система у данных лиц оказалась достаточно активной для предотвращения окислительного повреждения, вызванного ИФН. Аналогичные отношения наблюдались при низком и среднем уровнях ОС — у семи спортсменов было выявлено повышение фракции GSSG, у трех лиц уровень GSSG находился в пределах нормы. По-видимому, у ряда лиц нарушения системы глутатиона могут произойти в силу других причин, обусловленных физической нагрузкой, но не связанных с избыточным образованием свободных радикалов. Выявленные различные взаимоотношения между показателями ОС и GSSG свидетельствуют об индивидуальной реакции организма на физическую нагрузку, следовательно, подход к вопросам коррекции нарушенного свободно-радикального окисления должен быть персонализированным.

Индивидуальную реакцию организма спортсменов на ИФН можно проследить и при анализе взаимоотношений показателей общей АОС и NOx. Из результатов проведенного исследования следует, что физическая нагрузка вызвала увеличение содержания в крови NOx. Следует отметить, что эффекты оксида азота являются дозозависимыми. Увеличение уровней метаболитов оксида азота первоначально может привести к защитному увеличению количества нитрозилированных белков в попытке сохранить их функцию. Однако, являясь высоко реактивным соединением, оксид азота вступает в реакцию с супероксидным радикалом и приводит к образованию пероксинитрита и ОН-радикала, которые являются токсичными для клеток [16]. У спортсменов, у которых высокий уровень ОС сопровождался снижением общей АОС и повышением количества GSSG,

вполне возможно образование пероксинитрита и нитрозативного стресса. Можно предположить, что у тех спортсменов, у которых увеличение NOx происходило на фоне высоких оксидативного и нитрозативного стрессов, не исключено развитие неблагоприятного состояния «гипернитрозилирования». Данный процесс приводит к ингибированию ферментов транспортной цепи электронов, снижению функции митохондрий, изменению конформации белков и аминокислот. Происходит инактивация ферментов системы глутатиона, пиридоксина, тиоредоксина и снижение антиоксидантной защиты, потеря иммунной толерантности и даже развитие аутоиммунитета [17]. Однако у части спортсменов с высоким уровнем NOx отмечался высокий уровень АОС и увеличенное содержание GS. То есть избыточное количество свободных радикалов блокируется компонентами антиоксидантной защиты и их соединения с молекулой оксида азота не происходит. Оксидативный стресс в данном случае может не сопровождаться развитием нитрозативного стресса. Уменьшить нитрозативный стресс способен и глутатион, образующий соединение с оксидным радикалом. Увеличение оксида азота при ИФН и в период плановых тренировок является положительным моментом, так как оксид азота, являясь важным компонентом метаболических процессов, способствует повышению тонуса и эластичности сосудов, улучшению кровообращения во всех органах, поддерживает функцию сердца, мышц, легких, повышая энергообеспечение органов и систем при их интенсивной работе.

Заключение. Интенсивная физическая активность приводит к нарушениям работы антиоксидантной системы организма спортсмена. С увеличением нагрузки степень нарушений возрастает. Увеличивается уровень ОС, снижается уровень АОС, нарушается функционирование системы глутатиона. Интегральные показатели оксидативного стресса, а также фракции глутатиона (GS и GSSG) можно рекомендовать для мониторинга состояния оксидативного стресса при чрезмерных физических нагрузках.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ammar A., Chtourou H., Souissi N. Effect of time-of-day on biochemical markers in response to physical exercise. *J. Strength Cond. Res.* 2017; 31: 272–82.
2. Beitl E., Banasova A., Vlcek M., Mikova D., Hampl V. Nitric oxide as an indicator for severity of injury in polytrauma. *Bratislava Medical Journal.* 2016; 116(4): 217–20.
3. Гребенчиков О.А., Забелина Т.С., Филиповская Ж.С., Герасименко О.Н., Плотноков Е.Ю., Лихванцев В.В. Молекулярные механизмы окислительного стресса. *Вестник интенсивной терапии.* 2016; 3:13–21.
4. Barzegar Amiri O.M., Schiesser C., Taylor M. New reagents for detecting free radicals and oxidative stress. *Organic and Biomolecular Chemistry.* 2014; 12(35): 6757. DOI 10.1039/c4ob01172d
5. Nyberg M., Mortensen S.P., Cabo H., Gomez-Cabrera M.C., Viña J., Hellsten Y. Roles of sedentary aging and lifelong physical activity in exchange of glutathione across exercising human skeletal muscle. *Free Radic Biol Med.* 2014 Aug; 73: 166–73.
6. Noctor G., Lelarge-Trouverie C., Mhamdi A. The metabolism of oxidative stress. *Phytochemistry.* 2015; 112: 33–53. DOI 10.1016/j.phytochem
7. Ammar A., Chtourou H., Hammouda O., Turki M., Ayedi F., Kallel C. et al. Relationship between biomarkers of muscle damage and redox status in response to a weightlifting training session: Effect of time-of-day. *Physiol. Int.* 2016; 103: 243–61.

8. Mrakic-Spota S., Gussoni M., Porcelli S., Pugliese L., Pavei G., Bellistri G. et al. Training effects on ROS production determined by electron paramagnetic resonance in master swimmers. *Oxid Med. Cell Longev.* 2015; 2015: 804794.

9. Burgos C., Henríquez-Olguín C., Andrade D. C., Ramírez-Campillo R., Oscar F. A., White A. et al. Effects of Exercise Training under Hyperbaric Oxygen on Oxidative Stress Markers and Endurance Performance in Young Soccer Players: A Pilot Study. *J. Nutr. Metab.* 2016; 2016: 5647407.

10. Sutkowy P., Woźniak A., Boraczynski T., Boraczynski M., Mila-Kierzenkowska C. The oxidant-antioxidant equilibrium, activities of selected lysosomal enzymes and activity of acute phase protein in peripheral blood of 18-year-old football players after aerobic cycle ergometer test combined with ice-water immersion or recovery at room temperature. *Cryobiology.* 2017; 74:126–31.

11. Fatouros I.G., Jamurtas A.Z., Villiotou V., Pouliopoulou S., Fotinakis P., Taxildaris K. et al. Oxidative stress responses in older men during endurance training and detraining. *Med Sci Sports Exerc.* 2004; 36: 2065–72.

12. Переслегина И.А., Габина С.В., Макарова И.Б., Жукова Е.А., Коркоташвили Л.В. Детоксифирующая функция печени по данным фармакокинетики антипирина при заболеваниях органов пищеварения у детей. *Эфферентная терапия.* 2005; 2:14–7.

13. Метельская В.А., Гуманова Н.Г. Скрининг — метод определения уровня метаболитов оксида азота в сыворотке крови. *Клин. лаб. диагн.* 2005; 6: 15–8.

14. Shephard R.J., Johnson N. Effects of physical activity upon the liver. *Eur J Appl Physiol.* 2015; 115(1): 1–46.

15. Llorente-Cantarero F.J., Gil-Campos M., Benitez-Sillero J.D., Muñoz-Villanueva M.C., Túnez I., Pérez-Navero J.L. Prepubertal children with suitable fitness and physical activity present reduced risk of oxidative stress. *Free Radic Biol Med.* 2012; 53(3): 415–20.

16. Opatrilova R., Kubatka P., Caprnda M., Büsselberg D., Krasnik V., Vesely P. et al. Nitric oxide in the pathophysiology of retinopathy: evidences from preclinical and clinical researches. *Acta Ophthalmol.* 2017; 8:231–6. DOI: 10.1111/aos.13384.

17. Morris G., Berk M., Klein H., Walder K., Galecki P., Maes M. Nitrosative Stress, hypernitrosylation and autoimmune responses to nitrosylated proteins: new pathways in neurodegenerative disorders including depression and chronic fatigue syndrome. *Mol Neurobiol.* 2017; 54(6):4271–91.

REFERENCES

1. Ammar A., Chtourou H., Souissi N. Effect of time-of-day on biochemical markers in response to physical exercise. *J. Strength Cond. Res.* 2017; 31:272–82.
2. Beitl E., Banasova A., Vlcek M., Mikova D., Hampl V. Nitric oxide as an indicator for severity of injury in polytrauma. *Bratislava Medical Journal.* 2016; 116(4): 217–20.
3. Grebenchikov O.A., Zabelina T.S., Filipovskaya Zh.S., Gerasimenko O.N., Plotnikov E.Yu., Likhvantsev V.V. Molecular mechanisms of oxidative stress. *Intensive care herald.* 2016; 3:13–21. (in Russian)
4. Barzegar Amiri O.M., Schiesser C., Taylor M. New reagents for detecting free radicals and oxidative stress. *Organic and Biomolecular Chemistry.* 2014; 12(35): 6757. DOI 10.1039/c4ob01172d.
5. Nyberg M., Mortensen S.P., Cabo H., Gomez-Cabrera M.C., Viña J., Hellsten Y. Roles of sedentary aging and lifelong physical activity in exchange of glutathione across exercising human skeletal muscle. *Free Radic Biol Med.* 2014; 73: 166–73.

6. Noctor G., Lelarge-Trouverie C., Mhamdi A. The metabolomics of oxidative stress. *Phytochemistry*. 2015; 112:33–53. DOI 10.1016/j.phytochem.
7. Ammar A., Chtourou H., Hammouda O., Turki M., Ayedi F., Kallel C. et al. Relationship between biomarkers of muscle damage and redox status in response to a weightlifting training session: Effect of time-of-day. *Physiol. Int.* 2016; 103: 243–61.
8. Mrakic-Sposta S., Gussoni M., Porcelli S., Pugliese L., Pavei G., Bellistri G. et al. Training effects on ROS production determined by electron paramagnetic resonance in master swimmers. *Oxid Med. Cell Longev.* 2015; 2015: 804794.
9. Burgos C., Henríquez-Olguín C., Andrade D. C., Ramírez-Campillo R., Oscar F. A., White A. et al. Effects of Exercise Training under Hyperbaric Oxygen on Oxidative Stress Markers and Endurance Performance in Young Soccer Players: A Pilot Study. *J. Nutr. Metab.* 2016; 2016: 5647407.
10. Sutkowy P., Woźniak A., Boraczyński T., Boraczyński M., Mila-Kierzenkowska C. The oxidant-antioxidant equilibrium, activities of selected lysosomal enzymes and activity of acute phase protein in peripheral blood of 18-year-old football players after aerobic cycle ergometer test combined with ice-water immersion or recovery at room temperature. *Cryobiology*. 2017; 74: 126–31.
11. Fatouros I.G., Jamurtas A.Z., Villiotou V., Pouliopoulou S., Fotinakis P., Taxildaris K. et al. Oxidative stress responses in older men during endurance training and detraining. *Med Sci Sports Exerc.* 2004; 36: 2065–72.
12. Pereslegina I.A., Gabina S.V., Makarova I.B. Detoxication function of liver according to data on antipirine pharmacokinetics during digestive system diseases among children. *Efferent therapy*. 2005; 2: 14–7. (in Russian)
13. Metel'skaya V.A., Gumanova N.G. Screening — method for detection of nitric oxide metabolite in blood serum. *Klin. lab. diagn.* 2005; 6: 15–8. (in Russian)
14. Shephard R.J., Johnson N. Effects of physical activity upon the liver. *Eur J Appl Physiol.* 2015; 115(1): 1–46.
15. Llorente-Cantarero F.J., Gil-Campos M., Benitez-Sillero J.D., Muñoz-Villanueva M.C., Túnez I., Pérez-Navero J.L. Prepubertal children with suitable fitness and physical activity present reduced risk of oxidative stress. *Free Radic Biol Med.* 2012; 53(3): 415–20.
16. Opatrilova R., Kubatka P., Caprnda M., Büsselberg D., Krasnik V., Vesely P. et al. Nitric oxide in the pathophysiology of retinopathy: evidences from preclinical and clinical researches. *Acta Ophthalmol.* 2017; 8: 231–6. DOI: 10.1111/aos.13384
17. Morris G., Berk M., Klein H., Walder K., Galecki P., Maes M. Nitrosative Stress, hypernitrosylation and autoimmune responses to nitrosylated proteins: new pathways in neuroprogressive disorders including depression and chronic fatigue syndrome. *Mol Neurobiol.* 2017; 54(6): 4271–91.

Дата поступления / Received: 03.07.2019

Дата принятия к печати / Accepted: 12.10.2019

Дата публикации / Published: 28.10.2019

Пилотное исследование информационной умственной нагрузки офисных работников

ФБУН «Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора, ул. Семашко, 20, Нижний Новгород, Россия, 603950

Введение. Актуальным является развитие методической базы информационной гигиены, систематизация данных об уровнях информационных нагрузок и степени их влияния на условия труда работников.

Цель исследования — измерить и оценить уровни информационной умственной нагрузки офисных работников, изучить закономерности развития неблагоприятных функциональных состояний в данной профессиональной группе.

Материалы и методы. В пилотное исследование были включены 25 сотрудников научно-образовательных учреждений в возрасте от 25 до 65 лет. Измерение информационной умственной нагрузки работников проводилась на основе балльной оценки. Психодиагностика работоспособности участников исследования осуществлялась с помощью пакета стандартных методик. Проводилась телеметрия сердечного ритма у сотрудников в условиях профессиональной деятельности.

Результаты. Интегральный показатель информационной умственной нагрузки исследуемой профессиональной группы составил $37,3 \pm 7,2$ балла и находился в прямой связи с коэффициентом комфортности рабочего места ($r=0,5$, $p=0,01$). Установлена также достоверная зависимость скорости переработки информации от продолжительности трудового стажа ($r=0,71$, $p=0,0001$). В малостажированной группе у работников фиксировались высокие индексы стресса, утомления, монотонии, в старшей стажевой группе — признаки хронического утомления. У сотрудников в течение смены регистрировали усиление симпатической активации.

Заключение. Результаты проведенного психофизиологического обследования работников указывают на необходимость регламентации информационной нагрузки, разработки и внедрения профилактических мероприятий для снижения профессионального стресса.

Ключевые слова: информационные нагрузки; факторы производственной среды; интегральная оценка информационной умственной нагрузки; профессиональный стресс

Для цитирования: Зуев А.В., Некрасова М.М., Васильева Т.Н. Пилотное исследование информационной умственной нагрузки офисных работников. *Мед. труда и пром. экол.* 2019; 59 (10). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-10-866-870>

Для корреспонденции: Зуев Александр Васильевич, науч. сотр. отдела гигиены ФБУН ННИИГП Роспотребнадзора, E-mail: zuyev2006@mail.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Aleksandr V. Zuev, Marina M. Nekrasova, Tatiana N. Vasilyeva

Pilot study of office employee informational mental workload

Nizhny Novgorod Research Institute for Hygiene and Occupational Pathology Rospotrebnadzor, 20, Semashko str., Nizhny Novgorod, Russia, 603950

Introduction. Development of methodical base of information hygiene, systematization of data on levels of information loadings and degree of their influence on working conditions of workers is actual.

The purpose of the study was to measure and evaluate the levels of information mental load of office workers, to study the patterns of development of adverse functional States in this professional group.

Materials and methods. The pilot study included 25 employees of scientific and educational institutions aged 25 to 65 years. Measurement of information mental load of workers was carried out on the basis of a point assessment. Psychodiagnostics of performance of participants of research was carried out by means of a package of standard techniques. Heart rate telemetry was carried out in employees in the conditions of professional activity.

Results. The integral indicator of information mental load of the studied professional group was 37.3 ± 7.2 points and was in direct connection with the coefficient of comfort of the workplace ($r=0.5$, $p=0.01$). A reliable dependence of the speed of information processing on the length of work experience ($r=0.71$, $p=0.0001$) was also established. In the low-stress group, high indices of stress, fatigue, monotony were recorded in the workers, in the senior group — signs of chronic fatigue. The employees during the shift registered an increase in sympathetic activation.

Conclusions. The results of the psychophysiological survey of employees indicate the need to regulate the information load, the development and implementation of preventive measures to reduce professional stress.

Key words: information loads; factors of production environment; integrated assessment of information mental load; professional stress

For citation: Zuev A.V., Nekrasova M.M., Vasilyeva T.N. Pilot study of office employee informational mental workload. *Med. truda i prom. ekol.* 2019; 59 (10). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-10-866-870>

For correspondence: Aleksandr V. Zuev, researcher of department of hygiene of Nizhny Novgorod Research Institute for Hygiene and Occupational Pathology, E-mail: zuyev2006@mail.ru

Funding: The study had no funding.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

Введение. Известно, что воздействие окружающей среды на человека и его здоровье в значительной мере определяются условиями его трудовой деятельности и профессиональными факторами. В современном обществе условия труда характеризуются снижением физической активности, повышением напряженности трудового процесса, нервно-психическими перегрузками [1]. Новые условия и характер работы людей, внедрение в экономику цифровых технологий привели к появлению новых факторов риска и проблем на рабочем месте, среди которых психосоциальные факторы, стресс и психическое истощение рассматриваются как актуальные проблемы медицины труда [2].

Возрастает роль информации как фактора производства и стрессора, способного негативно влиять на состояние здоровья работников интеллектуального труда. Увеличивается доля новых профессиональных заболеваний и болезней, связанных с работой, в том числе с информационными перегрузками [3].

В период становления цифровой экономики, увеличения численности работников умственного труда для управления рисками необходимо развить методическую основу информационной гигиены, разрабатывать новые нормативные документы, в том числе по оценке информационных нагрузок. В этой связи вопросы изучения и накопления данных о величине информационных нагрузок работников с целью профилактики стресс-обусловленных заболеваний приобретают особую актуальность [4,5].

Цель исследования — измерить и оценить уровни информационной умственной нагрузки на офисных работников при работе с персональными электронными вычислительными машинами (ПЭВМ) с учетом влияния физических факторов производственной среды, изучить закономерности развития неблагоприятных функциональных состояний в данной профессиональной группе.

Материалы и методы. В пилотное исследование были включены 25 сотрудников научно-образовательных учреждений г. Нижнего Новгорода в возрасте от 25 до 65 лет (средний возраст $39,2 \pm 14,4$), 80% из них составляли женщины.

Оценка информационной умственной нагрузки работников проводилась с использованием методических рекомендаций (МР) «Информация как гигиенический фактор и принципы профилактики для инновационного труда» [6]. Указанный документ рекомендует метод балльной оценки информационной и умственной нагрузки по оценочным шкалам и таблицам: уровней качества сигнала-носителя — (ИНк), уровней скорости информационного потока (ИНс), показателя информационной нагрузки ($ИН_{\text{к}} \times ИН_{\text{с}}$), а также уровней умственной нагрузки (УН), отражающей субъективное отношение человека к информации (важность, сложность, эмоциональная оценка информации, готовность к приему). Показатель ИНк определялся в баллах на основе субъективных оценок визуального комфорта монитора при считывании, просмотре изображения с экрана. Скорость передачи информации (СПИ) рассчитывалась как частное от деления количества информации, выраженной в байтах, на время, затраченное на ее производство (передачу) в секундах (Б/с), с последующей оценкой уровней ИНс по балльной шкале.

Полученный в результате вычислений обобщенный показатель информационной умственной нагрузки ($ИУН_{\text{обш.}}$) в диапазоне от 0 до 100 баллов, позволяет провести гигиеническую оценку, используя соответствующую таблицу из МР или электронный интерактивный директориал-справочник «Профессиональный риск» (<http://medtrud.com>).

С целью определения возможного влияния внешних условий на информационную нагрузку, исследования были дополнены оценкой физических факторов рабочей среды и вычислением с учетом этого влияния интегрального показателя информационной умственной нагрузки (ИИУН). Для оценки световой, термальной и акустической среды использовались специально разработанные анкеты и таблицы субъективной оценки работником комфортности условий труда. Участников просили ответить на вопросы, указав свои ощущения и свое отношение к условиям внешней среды на рабочем месте. Эти вопросы включали 4 уровня комфортности световой (С) и термальной (Т) среды: от оценки «комфортно» до «очень некомфортно», а также степень раздражения от акустической нагрузки (А): «не раздражает» — «очень раздражает». Обработка полученных данных опроса предусматривала оценку каждого фактора от 1 до 4 баллов по таблицам, в зависимости от степени ухудшения оценок комфортности и увеличения степени раздражения. Результат оценок в баллах по указанным выше факторам использовался для вычисления коэффициента комфортности (Кк) по следующей формуле на основе аппроксимации стандартным методом линии тренда (степенная функция) пакета программ MS Office (Excel):

$$Кк = 0,8655 (C+T+A)^{0,1315} \quad (1)$$

Интегральный показатель информационной умственной нагрузки определялся с учетом коэффициента комфортности по формуле:

$$ИИУН = ИУН_{\text{обш.}} \times Кк, \quad (2)$$

где: ИИУН — интегральный показатель информационной умственной нагрузки; $ИУН_{\text{обш.}}$ — обобщенный показатель информационной умственной нагрузки; Кк — коэффициент комфортности.

Данные для оценки состояния условий труда и здоровья участников исследования были получены с использованием оригинальной анкеты «Комплексная оценка факторов, влияющих на здоровье работников умственного труда», которая включала разделы, касающиеся факторов производственной среды и трудового процесса, уровней стресса, самооценки здоровья, образа жизни.

Психодиагностика работоспособности участников исследования осуществлялась с помощью пакета стандартных методик: «Дифференцированная оценка работоспособности», «Оценка острого умственного утомления», «Оценка острого физического утомления» и «Степень хронического утомления» (А.Б. Леоновой, И.В. Шишкиной) [7]. Психофизиологические исследования и сбор данных проводились с предварительным получением информированного согласия участников, однократно, в первой половине рабочего дня, временные ограничения на ответы не устанавливались. С целью объективного контроля состояния сердечно-сосудистой системы (ССС) работников в процессе деятельности использовался разработанный комплекс, состоящий из беспроводного датчика электрокардиографии (HxM, ZephyrTechnology) и смартфона со специализированным программным обеспечением [8].

Статистическая обработка материала производилась с использованием пакета программ MS Excel и STATISTICA version 12.0. У всех показателей вычислялась средняя величина и стандартное отклонение ($M \pm SD$). Достоверность различий и взаимосвязей анализировалась с применением критериев Стьюдента, Манна-Уитни, ранговой корреляции Спирмана, за статистически значимые принимались различия при значениях $p < 0,05$.

Результаты. Группу исследования составили преподаватели и методические работники высшей школы, научные сотрудники исследовательских институтов, деятельность которых связана с постоянным использованием в своей работе компьютерных технологий. Участники в зависимости от стажа работы были разделены на 3 группы: 0–9 лет (первая группа) — 11 человек, 10–19 лет (вторая группа) — 8 человек, 20 и более лет (третья группа) — 6 человек. Средний возраст в первой группе — $27,6 \pm 6,02$, во второй — $38,9 \pm 6,7$, в третьей — $60,7 \pm 3,9$.

По результатам анкетного опроса 56% респондентов отметили, что продолжительность работы с ПЭВМ составляет более 6 часов, 40% работников в конце смены почти всегда или часто испытывают состояние усталости и дискомфорта.

Среди факторов производственной среды и трудового процесса, с которыми связано состояние усталости в конце рабочей смены сотрудники чаще всего выделяли зрительное напряжение (80%), продолжительную работу с ПЭВМ (64%), высокую умственную информационную нагрузку (36%), а также физическое напряжение, связанное с работой в позе «сидя» (32%), дефицит времени на выполнение задания (20%), неблагоприятный микроклимат (20%), монотонность работы (16%), низкую освещенность (8%), шум (8%), загрязненность воздуха на рабочем месте (8%).

По данным опроса 68% сотрудников согласились, что уровень их заработной платы соответствует степени усилия, затраченного на выполнение профессиональных обязанностей. Треть сотрудников (32%) считают, что их вклад оценен недостаточно, что, как известно, является дополнительным стрессором на рабочем месте [9].

Жалобы на состояние здоровья имелись у 48% респондентов. Наибольший процент жалоб был связан со снижением остроты зрения (36%), относительный риск по признаку «нарушение зрения» в старшей стажевой группе по сравнению с первой составил $7,3 \pm 0,9$ (при 95% ДИ 1,04–51,7). Часто среди жалоб работники отмечали: общую слабость и утомляемость (20%), ухудшение памяти и внимания (20%), боли в суставах рук, ног, в позвоночнике (20%); нарушение ритма сердца (16%), раздражительность (16%), повышенное артериальное давление (12%), головные боли (12%), бессонницу (8%), подавленное настроение (8%), потливость тела (8%), тремор рук (4%), боли в области сердца (4%).

Таким образом, около половины работников, деятельность которых связана с обработкой информации на ПЭВМ, имели признаки нарушения здоровья, испытывали симптомы, указывающие на нарушение зрения, опорно-двигательного аппарата, развитие стрессового состояния.

Анкетный опрос показал, что работники умственного труда предпринимают меры для сохранения здоровья: поддерживают физическую форму 64% сотрудников; не курят — 84%; стараются больше бывать на свежем воздухе — 52%; регулярно посещают спортивные секции и тренажерные залы — 44%. Достаточное время для сна (7–8 ч) отводят 44% работников. Для 56% сотрудников ограничение продолжительности сна (5–6 ч) является причиной хронического недосыпания. Более половины работников стараются снижать потребление сахара (52%) и соблюдать режим приема пищи (68%).

Результаты измерений показателей информационной умственной нагрузки в 3 стажевых группах представлены в таблице 1.

Необходимо отметить, что значимого различия в показателях интегральной оценки информационной умствен-

ной нагрузки в стажевых группах не выявлено. Фактические величины показателя определялись в интервале от 24 до 50 баллов, не превышали значений допустимого уровня нагрузки (18–50), но были ближе к верхней границе диапазона. Интегральный показатель информационной умственной нагрузки также соответствовал допустимому значению ($37,3 \pm 7,2$).

Таблица 1 / Table 1

Показатели информационной умственной нагрузки работников в различных стажевых группах (M±SD)
Indicators of information mental load of employees in different training groups (M±SD)

Показатель, балл	1 стажевая группа	2 стажевая группа	3 стажевая группа
ИИУН	$39,1 \pm 7,7$	$35,4 \pm 7,0$	$36,5 \pm 7,1$
ИУНобщ.	$36,4 \pm 7,3$	$33,8 \pm 5,1$	$34,7 \pm 7,1$
ИНкс	$2,6 \pm 0,8$	$1,6 \pm 0,7^*$	$2,3 \pm 0,8$
СПИ, Б/с	$2,5 \pm 1$	$4,4 \pm 1,8^*$	$5,9 \pm 2,1^*$
Кк	$1,1 \pm 0,09$	$1,0 \pm 0,07^*$	$1,0 \pm 0,04$

Примечание: * — статистически значимое различие с 1 группой при $p < 0,05$ по t-критерию Стьюдента.

Note: * — statistically significant difference with group 1 at $p < 0.05$ according to student's t-criterion

Некоторые различия в стажевых группах выявлены в уровнях показателя СПИ. Установлена прямая зависимость ($r = 0,71$, $p = 0,0001$) СПИ от стажа работника, она была достоверно выше в старшей стажевой группе и в 2,4 раза превышала аналогичный показатель в 1 группе. Очевидно, это может объясняться отсутствием достаточного практического опыта у работника в начале трудового стажа при работе с информацией. Следует заметить, что фактические показатели СПИ, во всех стажевых группах укладывались в значения диапазона, соответствующие среднему уровню (1–9 Б/с).

Корреляционный анализ влияния физических факторов производственной среды на информационную умственную нагрузку показал прямую зависимость показателя ИИУН от Кк рабочего места ($r = 0,5$, $p = 0,01$).

Полученная зависимость свидетельствует о влиянии факторов производственной среды на интегральный показатель информационной умственной нагрузки и необходимости учитывать их уровень при организации рабочих мест для работников умственного труда.

Исследования психофизиологического статуса позволили выявить факторы риска формирования профессионального стресса у работников умственного труда при измеренном уровне ИИУН. Значения показателей функционального состояния (ФС) у сотрудников исследуемой профессиональной группы приведены в таблице 2.

Анализ результатов сравнительной психодиагностики работоспособности показал, что в первой стажевой группе (0–9 лет) у работников фиксируются высокие значения индекса стресса (ИС), утомления (ИУ), монотонии (ИМ), пресыщения (ИП), физического утомления (ИФУ). В стажевой группе 20 и более лет выше нормы зафиксированы показатели умственного (ИУУ) и хронического утомления (ИХРУ), систолического и диастолического артериального давления (САД, ДАД).

Были установлены положительные корреляционные связи между показателем информационной нагрузки (ИНкс) и маркерами неблагоприятного ФС работника, такими как: ИС ($r = 0,60$, $p = 0,001$), ИУ ($r = 0,59$, $p = 0,002$),

ИУУ ($r=0,49$, $p=0,01$), ИП ($r=0,48$, $p=0,02$), ИМ ($r=0,46$, $p=0,02$), ИФУ ($r=0,42$, $p=0,04$). Также было показано, что характеристика УН, отражающая субъективное отношение человека к информации, в том числе готовность к приему сигнала, имеет обратную зависимость от ИФУ ($r=-0,47$, $p=0,03$). Таким образом, в развитии стресса и утомления показатели УН и ИНкс вносят определенный вклад, что необходимо учитывать при разработке мер профилактики в условиях воздействия информационных нагрузок.

Таблица 2 / Table 2

Значения психофизиологических показателей ФС работников в стажевых группах ($M \pm SD$)

Values of psychophysiological indicators of FS of workers in training groups ($M \pm SD$)

Показатель, баллы	1 стажевая группа	2 стажевая группа	3 стажевая группа
Индекс утомления (ИУ)	23,5 $\pm$ 3,8	20,9 $\pm$ 3,0	23,2 $\pm$ 4,3
Индекс монотонии (ИМ)	20,7 $\pm$ 3,2	17,6 $\pm$ 2,2*	19,0 $\pm$ 4,2
Индекс пресыщения (ИП)	20,4 $\pm$ 5,5	15,6 $\pm$ 4,2	18,7 $\pm$ 5,4
Индекса стресса (ИС)	20,6 $\pm$ 3,9	18,0 $\pm$ 3,1	19,0 $\pm$ 2,9
Индекс физического утомления (ИФУ)	15,1 $\pm$ 5,1	6,1 $\pm$ 4,1*	10,7 $\pm$ 6,0
Индекс умственного утомления (ИУУ)	15,3 $\pm$ 5,2	6,8 $\pm$ 3,9*	16,0 $\pm$ 6,9#
Индекс хронического утомления (ИХРУ)	21,6 $\pm$ 12,4	12,1 $\pm$ 7,5	30,7 $\pm$ 10,0#
Систолическое артериальное давление (САД), мм рт. ст.	116,8 $\pm$ 14,2	111,7 $\pm$ 5,2	136,7 $\pm$ 26,8#
Диастолическое артериальное давление (ДАД), мм рт. ст.	72,0 $\pm$ 10,9	71,7 $\pm$ 5,2	84,2 $\pm$ 6,7*#

Примечание: * — статистически значимое различие с 1 группой при $p < 0,05$; # — статистически значимое различие с 2 группой при $p < 0,05$.

Note: * — statistically significant difference with group 1 at $p < 0.05$; # — statistically significant difference with group 2 at $p < 0.05$.

Нарушение процессов адаптации при обработке значительных объемов информации приводит к увеличению риска развития сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) [10]. В исследуемой профессиональной группе достоверно более высокие величины САД коррелировали с повышенным ИХРУ, отражающим истощение ресурсов организма ($r=0,51$, $p=0,03$).

Для снижения профессионального риска работающих необходимы меры как по улучшению условий и организации труда, так и по внедрению методов персонализированного мониторинга ФС в динамике рабочей смены.

С помощью разработанного комплекса для телеметрии сердечного ритма были проведены исследования состояния ССС у работников с высокими нервно-эмоциональными нагрузками в условиях реальной профессиональной деятельности, позволившие дать объективную оценку ФС работников. Результаты свидетельствовали об усилении симпатической активации в регуляции сердечной деятельности в первой половине рабочего дня у 25,8% работников; во второй половине дня — у 35,5%. У 32,2% работников по-

вышенная симпатическая активация сохранялась в течение всей смены. Также было отмечено, что у лиц, проводящих в середине рабочего дня физкультурную паузу, общее физиологическое напряжение во второй половине рабочего дня было ниже ($p=0,01$, Mann-Whitney).

Обсуждение. Показана возможность количественной оценки показателей информационной нагрузки, что крайне важно для гигиенического нормирования, прогнозирования и оценки риска для работающих в условиях значительных информационных нагрузок.

Выявленные закономерности указывают на необходимость разработки и внедрения профилактических мероприятий и здоровьесберегающих технологий, направленных на снижение уровня профессионального стресса, физического и умственного утомления, борьбу с гиподинамией, включение комплекса упражнений при регламентированных перерывах, активный отдых.

С целью профилактики развития состояния утомления и перенапряжения необходимо проводить регламентацию информационных нагрузок. В исследуемой профессиональной группе, используя материалы психофизиологического обследования в пределах установленного допустимого диапазона ИИУН, был определен наиболее оптимальный уровень — 31,42 $\pm$ 4,51 балла. Выяснилось, что этому уровню ИИУН соответствуют средние величины СПИ 3,43 $\pm$ 2,1 Б/с и минимальные значения индексов стресса, умственного и физического утомления. Напротив, достоверно более высокие уровни ИИУН — 42,12 $\pm$ 6,5 ($p=0,01$) и 40,4 $\pm$ 5,2 ($p=0,01$) регистрировали при низких и при повышенных уровнях СПИ (2,1 $\pm$ 0,5 Б/с и 6,1 $\pm$ 1,9 Б/с соответственно). При этом значения показателей ФС указывали на предстрессовое состояние у сотрудников и наличие признаков утомления, как при низких уровнях СПИ, так и при высоких (табл. 3).

Таблица 3 / Table 3

Значения показателей ФС сотрудников при разных уровнях производства информации ($M \pm SD$)

Values of FS indicators of employees at different levels of information production ($M \pm SD$)

Показатель, баллы	Средний	Низкий	Повышенный
Индекс стресса (ИС)	17,4 $\pm$ 2,2	22,2 $\pm$ 3,5*	20,6 $\pm$ 2,4*
Индекс утомления (ИУ)	19,6 $\pm$ 1,1	24,7 $\pm$ 2,7*	23,7 $\pm$ 3,5*
Индекс физического утомления (ИФУ)	6,75 $\pm$ 3,2	16,8 $\pm$ 3,6*	7,5 $\pm$ 4,8
Индекс хронического утомления (ИХРУ)	7,25 $\pm$ 6,4	24,8 $\pm$ 9,6*	22,9 $\pm$ 10,4*

Примечание: * — статистически значимое различие с группой «средний уровень» при $p > 0,05$.

Note: * — statistically significant difference with the group “average level” at $p > 0,05$.

Определение оптимального диапазона ИИУН основано на фундаментальном положении теории информации о соотношении между уровнем активации ЦНС, рабочей нагрузкой, производительностью и ресурсами организма. При возрастании информационной умственной нагрузки, уровень физиологических ресурсов и производительности описывается классической U-кривой [10,11], т. е. низкая скорость передачи информации также нежелательна, как и очень высокая. В качестве подтверждения данного положения в исследуемой профессиональной группе была установлена наиболее выраженная достоверная зависимость развития монотонии от СПИ, которая оценивалась на основе уравнения полиномиальной регрессии второй

степени $y=0,3657x^2-4,0134x+27,901$, с величиной коэффициента аппроксимации $R^2=0,2725$ ($p=0,01$).

Особое внимание необходимо уделять малостажированным работникам, у которых стрессогенный характер деятельности, возможно, связан с трудностями в восприятии информации, отсутствием достаточного опыта. В тоже время высокий уровень обработки информации приводит к истощению ресурсов организма, развитию значительного утомления, также ассоциируется с повышенным риском развития ССЗ и требуется применение защитных мер.

Результаты мониторинга позволили применить индивидуальный подход при разработке рекомендаций и организации перерывов для снижения нервно-эмоционального напряжения при работе с ПЭВМ.

Выводы:

1. Интегральный показатель информационной умственной нагрузки (ИИУН) среди сотрудников научно-образовательных учреждений не превышал допустимых значений. На ИИУН достоверно влиял коэффициент комфортности, учитывающий параметры световой, акустической среды и микроклимата на рабочем месте.

2. Выявлена прямая зависимость скорости передачи информации (СПИ) от трудового стажа, СПИ в старшей стажевой группе в 2,4 раза была выше, чем в группе малостажированных работников.

3. При психофизиологическом обследовании у работников фиксировали высокие значения индекса стресса, монотонии, пресыщения, умственного и физического утомления, что указывает на необходимость регламентации информационных нагрузок, разработки и внедрения профилактических мероприятий для снижения профессионального стресса.

4. Необходимо продолжить дальнейшее изучение уровней информационной нагрузки и оценку их влияния на развитие стресса в различных профессиональных группах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бухтияров И.В., Денисов Э.И., Еремин А.А. Основы информационной гигиены: концепции и проблемы инноваций. Гигиена и санитария. 2014; 4: 5–9.
2. Денисов Э.И., Прокопенко Л.В., Еремин А.А., Курьеров Н.Н., Бодякин В.И., Степанын И.В. Информация как физический фактор: проблемы измерения, гигиенической оценки и ИТ-автоматизации. Мед. труда и пром. экол. 2014; 1: 43–7.
3. Денисов Э.И., Прокопенко Л.В. Становление цифровой экономики и охраны труда: приоритет здоровья перед безопасностью. Охрана и экономика труда. 2017; 4(29): 79–87.
4. Бухтияров И.В., Денисов Э.И. Цифровая экономика: новые вызовы, профессии, условия труда, риски. Мед. труда и пром. экол. 2017; 10: 54–8.
5. Васильева Т.Н., Федотова И.В., Зуев А.В., Романов В.В. Цифровая экономика будущего — новая сфера для решения проблем профилактики негативных эффектов. Безопасность и охрана труда. 2017; 4(73): 36–9.
6. Информация как гигиенический фактор и принципы профилактики для инновационного труда (методические рекомендации). М.: ФГБУ НИИ МТ РАМН. 2013; 44.
7. Леонова А. Б., Капица М.С. Методы субъективной оценки функциональных состояний человека. В кн.: Стрелков Ю.К. ред. Практикум по инженерной психологии и эргономике. М.: Академия; 2004: 134–66.

8. Некрасова М.М., Полевая С.А., Парин С.Б., Шишалов И.С., Бахчина А.В. Способ определения стресса. пат. Рос. Федерация: RU 2531443; 2014.

9. Siegrist J. Effort — reward imbalance and health in a globalized economy. *Scand J Work Environ Health*. 2008; 6: 163–8. Available at: https://www.sjweh.fi/index.php?page=list-articles&author_id=1295

10. Lin Y.P., Lin C.C., Chen M.M., Lee K.C. Short-Term Efficacy of a “Sit Less, Walk More” Workplace Intervention on Improving Cardiometabolic Health and Work Productivity in Office Workers. *Occup Environ Med*. 2017; 59 (3): 327–34. DOI: 10.1097/JOM.0000000000000955.

11. Young M.S., Brookhuis K.A., Wickens C.D., Hancock P.A. State of science: mental workload in ergonomics. *Ergonomics*. 2015; 58: 1–17. DOI: 10.1080/00140139.2014.956151.

REFERENCES

1. Bukhtiyarov I.V., Denisov E.I., Yeregin A.L. Basics of informational hygiene: concepts and problems of innovation. *Gigiyena i sanitariya*. 2014; 4: 5–9 (in Russian).
2. Denisov E.I., Prokopenko L.V., Yeregin A.L., Kur'yev N.N., Bodyakin V.I., Stepanyan I.V. Information as a physical factor: problems of measurement, hygienic assessment and IT automation. *Med. truda i prom. ecol*. 2014; 1: 43–7 (in Russian).
3. Denisov E.I., Prokopenko L.V. Formation of the digital economy and occupational safety: priority of health over safety. *Okhrana i ekonomika truda*. 2017; 4 (29): 79–87 (in Russian).
4. Bukhtiyarov I.V., Denisov E.I. Digital economy: new challenges, professions, working conditions, risks. *Med. truda i prom. ecol*. 2017; 10: 54–8 (in Russian).
5. Vasilyeva T.N., Fedotova I.V., Zuyev A.V., Romanov V.V. Digital economy of the future is a new sphere for solving the problems of preventing negative effects. *Bezopasnost' i okhrana truda*. 2017; 4 (73): 36–9 (in Russian).
6. *Informatsiya kak gigiyenicheskiy faktor i printsipy profilaktiki dlya innovatsionnogo truda* (instructional guidelines). M.: FGBU NII MT RAMN. 2013; 44 (in Russian).
7. Leonova A. B., Kapitsa M.S. Methods for the subjective assessment of human functional states. In: *Strelkov Yu. K. red. Praktikum po inzhenernoy psikhologii i ergonomike*. M.: Academy; 2004: 134–66 (in Russian).
8. Nekrasova M.M., Poleyaya S.A., Parin S.B., Shishalov I.S., Bakhchina A.V. Method of stress determination: patent Russian Federation: RU 2531443; 2014 (in Russian).
9. Siegrist J. Effort — reward imbalance and health in a globalized economy. *Scand. J. Work, Environ. Health*. 2008; 6: 163–8. https://www.sjweh.fi/index.php?page=list-articles&author_id=1295.
10. Lin Y.P., Lin C.C., Chen M.M., Lee K.C. Short-Term Efficacy of a “Sit Less, Walk More” Workplace Intervention on Improving Cardiometabolic Health and Work Productivity in Office Workers. *Occup. Environ. Med*. 2017; 59 (3): 327–34. DOI: 10.1097/JOM.0000000000000955.
11. Young M.S., Brookhuis K.A., Wickens C.D., Hancock P. A. State of science: mental workload in ergonomics. *Ergonomics*. 2015; 58: 1–17. DOI: 10.1080/00140139.2014.956151.

Дата поступления / Received: 03.07.2019

Дата принятия к печати / Accepted: 11.10.2019

Дата публикации / Published: 28.10.2019

DOI: [HTTP://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-10-871-876](http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-10-871-876)

УДК 613.6.027

© Коллектив авторов, 2019

Некрасова М.М.¹, Черникова Е.Ф.¹, Зуев А.В.¹, Полевая С.А.², Парин С.Б.²**Применение информационных технологий для оценки профессионального стресса у спортсменов**¹ФБУН «Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора, ул. Семашко, 20, Нижний Новгород, Россия, 603950;²ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского», пр-т Гагарина, 23, Нижний Новгород, Россия, 603022

Введение. Для оценки профессионального стресса актуально создание эффективной системы персонализированного мониторинга функционального состояния работающих на основе информационных компьютерных технологий. **Цель исследования** — проведение персонализированного физиолого-гигиенического мониторинга с использованием комплекса мобильных телеметрических систем и компьютерных технологий латерометрии и кампиметрии в реальных условиях профессиональной деятельности.

Материалы и методы. В исследовании приняли участие 37 спортсменов-гребцов в возрасте $16,84 \pm 0,26$ года. При телеметрии сердечного ритма вычислялся индекс стрессовой нагрузки (ИСН). Определялось содержание в крови биохимических маркеров (креатинкиназа фракции МВ — КК-МВ, аланинаминотрансфераза — АЛТ). Проводились кампиметрия и латерометрия.

Результаты. У лиц с выявленными признаками стресса по показателям латерометрии и кампиметрии в крови регистрируется повышенное содержание АЛТ ($18,9 \pm 6,9$ МЕ/л против группы «норма» $14,3 \pm 3,4$ МЕ/л, $p=0,01$), КК-МВ ($42 \pm 17,5$ МЕ/л против $16 \pm 3,5$ МЕ/л, $p=0,02$). В процессе тренировки у 60% спортсменов отмечались повышенные значения ИСН ($0,30 \pm 0,04$).

Заключение. Внедрение информационных технологий для персонализированного мониторинга дает возможность управления риском нарушения здоровья работников с высокими нервно-эмоциональными и физическими нагрузками.

Ключевые слова: спортсмены; функциональное состояние; стресс; биохимические маркеры; вариабельность сердечного ритма; латерометрия; кампиметрия

Для цитирования: Некрасова М.М., Черникова Е.Ф., Зуев А.В., Полевая С.А., Парин С.Б. Применение информационных технологий для оценки профессионального стресса у спортсменов. *Мед. труда и пром. экол.* 2019; 59 (10). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-10-871-876>

Для корреспонденции: Некрасова Марина Михайловна, ст. науч. сотр. отдела гигиены ФБУН ННИИГП Роспотребнадзора, канд. биол. наук. E-mail: nmargya@yandex.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Marina M. Nekrasova¹, Ekaterina F. Chernikova¹, Aleksandr V. Zuev¹, Sofiya A. Polevaya², Sergei B. Parin²**Application of information technologies for the assessment of occupational stress in athletes**¹Nizhny Novgorod Research Institute for Hygiene and Occupational Pathology Rospotrebnadzor, 20, Semashko str., Nizhny Novgorod, Russia, 603950;²Nizhny Novgorod State University named after N. I. Lobachevsky – National Research University, 23, Gagarina Ave., Nizhny Novgorod, Russia, 603022

Introduction. To assess occupational stress, it is important to create an effective system of personalized monitoring of the functional state of workers based on information computer technologies.

The aim of the study was to carry out personalized physiological and hygienic monitoring using a complex of mobile telemetry systems and computer technologies of laterometry and campimetry in real conditions of professional activity.

Materials and methods. 37 athlete rowers aged 15–20 years took part in the research on the basis of voluntary informed consent. In the course of the training, stress responses were recorded according to the results of heart rate telemetry and the stress load index (SLI) was calculated. The blood levels of biochemical markers were detected (creatinine kinase — CK-MB, alanine aminotransferase — ALT). Using computer laterometry and campimetry.

Results. In persons with identified signs of stress in terms of laterometry and campimetry in the blood recorded increased ALT (18.9 ± 6.9 IU / l against the group “norm” 14.3 ± 3.4 IU / l, $p=0.01$), CC-MV (42 ± 17.5 IU / l against 16 ± 3.5 IU / l, $p=0.02$). In the course of training, 60% of athletes had increased values of isn (0.30 ± 0.04).

Conclusions. The introduction of information technologies for personalized monitoring makes it possible to manage the risk of health disorders of workers with high nervous, emotional and physical stress.

Key words: athletes; functional state; stress; biochemical markers; heart rate variability; laterometry; campimetry

For citation: Nekrasova M.M., Chernikova E.F., Zuev A.V., Polevaya S.A., Parin S.B. Application of information technologies for the assessment of occupational stress in athletes. *Med. truda i prom. ekol.* 2019; 59 (10). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-10-871-876>

For correspondence: Marina M. Nekrasova, senior researcher of department of the Central Research Institute of Hygiene, Cand. of Sci. (Biol.). E-mail: nmarya@yandex.ru

Funding: The study had no funding.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

Введение. Проблема профессионального стресса у спортсменов связана с риском перенапряжения систем регуляции в условиях интенсивных нагрузок и возникновением внезапных, угрожающих жизни состояний. Спорт высших достижений является основным видом трудовых занятий атлетов, поэтому для оценки профессиональных рисков и создания профилактических и лечебно-диагностических программ необходимо внедрять эффективные методы физиолого-гигиенического мониторинга функционального состояния (ФС) спортсменов с использованием современных информационных технологий [1–3]. Для оценки устойчивости к воздействию стресса необходимо исследование основных медиаторов стресс-реализующих и стресс-лимитирующих систем [2]. Основными стресс-реализующими системами являются: симпатoadrenalовая система (САС), гипоталамо-гипофизарно-адреналовая система (ГГАС) и эндогенная опиоидная система (ЭОС). При стрессе все три системы включаются одновременно, оказывая взаимное регулирующее влияние, при этом на каждой стадии стресса отмечается доминирование одной из систем. САС обеспечивает реализацию первой стадии стресса (стадия тревоги), регистрируется увеличение концентрации адреналина, норадреналина. Нарастание активности ГГАС отмечается на стадии резистентности, маркерами являются кортизол, адренокортикотропный гормон (АКТГ). Гипобиотическое состояние организма во многом определяется доминированием ЭОС и снижением активности САС и ГГАС на стадии истощения, которая также является регулируемым процессом, при этом активность ЭОС носит двухфазный характер, первый пик регистрируется в начальной стадии стресса (увеличивается содержание эндогенных опиоидных пептидов) [3]. Возможно, необходимость учета стадийности в развитии стресса является проблемой использования гормонов стресс-реализующих систем для оценки успешной адаптации к нагрузкам у спортсменов, кроме того, сниженный запас гормонов и последующее нарушение гормонального ответа на острые стрессовые ситуации может являться одним из триггеров синдрома перетренированности [4]. Длительные интенсивные физические нагрузки приводят к значительным изменениям в крови биомаркеров повреждения кардиомиоцитов, клеток скелетной мускулатуры, печени, почек [5–8]. При этом специалисты указывают на недостаточность определения только уровней этих показателей для диагностики синдрома перетренированности и для характеристики процесса восстановления, следует оценивать взаимозависимые изменения, соотношение уровней и индивидуальные показатели [5]. Также необходимо разрабатывать неинвазивные методы для оперативной персонифицированной оценки ФС спортсменов. С этой целью активно развивается диагностика ФС спортсменов на основе данных вариабельности сердечного ритма (ВСР) [8]. Этот метод позволяет в течение короткого периода времени оценить адаптационные возможности спортсмена, организовать систему управления тренировочным процессом [8–10]. Исследователями показано, что вариабельность показателей сердечного ритма очень велика, поэтому наиболее адекватным является динамическое наблюдение за состоянием регуляторных систем у конкретных индивидуумов [8]. Так как степень

напряжения регуляторных систем у спортсменов в отдельные периоды тренировочного процесса может достигать высоких значений, важно не допустить их перенапряжения с последующим истощением систем регуляции.

Цель исследования — изучение динамики психофизиологических и биохимических показателей стресса при физических и эмоциональных нагрузках у спортсменов; проведение персонифицированного физиолого-гигиенического мониторинга с использованием разработанного комплекса мобильных телеметрических систем в реальных условиях профессиональной деятельности для обеспечения профилактики развития неблагоприятного ФС организма.

Материалы и методы. В исследовании на основе добровольного информированного согласия приняли участие 37 спортсменов академической гребли (19 девушек и 18 юношей), в возрасте $16,84 \pm 0,26$ года. Стаж спортивной деятельности у девушек составил $4,97 \pm 0,26$ года, у юношей — $4,81 \pm 0,33$ года. Из 19 обследованных спортсменок трое не имели спортивного разряда, у семи имелся первый разряд, девять были кандидатами в мастера спорта. В мужской подгруппе восемь человек имели первый разряд, пятеро являлись кандидатами в мастера спорта. У 30 спортсменов (15 девушек и 15 юношей) было проведено 47 (из них 17 повторно) натурных непрерывных измерений ВСР в процессе тренировки с помощью разработанного комплекса для телеметрии сердечного ритма. Комплекс состоит из беспроводного миниатюрного датчика ZephyrBioHarness, смартфона с операционной системой Android и специализированным программным обеспечением «HR-Reader». Передача данных на смартфон организована по беспроводному каналу Bluetooth. При анализе результатов исследования вычислялись спектральные показатели ВСР: суммарная мощность спектра вариабельности — TP (мс²/Гц); мощность спектра в области высоких частот — HF (мс²/Гц), отражающая влияние парасимпатического отдела вегетативной нервной системы (ВНС); мощность спектра в области низких частот — LF (мс²/Гц), показывающая изменение тонуса симпатического отдела ВНС; соотношение мощностей спектра в области низких и высоких частот (индекс вегетативного баланса) — LF/HF (ИБВ). Для увеличения разрешения по времени в описании динамики вегетативной регуляции проводился динамический Фурье-анализ с окном 100 с и шагом 10 с [11].

В ходе мониторинга регистрировали изменения спектральных показателей ВСР, характерные для начальной стадии острого стресса, проявляющиеся в динамике: одновременное снижение TP и возрастание ИБВ. Продолжительность и число стресс-реакций за период тренировки характеризует степень хронизации стресса в условиях профессиональной деятельности у спортсменов. Индекс стрессовой нагрузки (ИСН) рассчитывался как отношение продолжительности всех стрессовых реакций (Ts) к продолжительности тренировки (Tt):

$$\text{ИСН} = \sum_{i=1}^n T_{s_i} / T_t \quad (1)$$

Стрессовую нагрузку характеризует также интенсивность развития стресс-реакций ($\dot{S}$, стресс/мин), которая выражается как отношение количества стресс-реакций (Ns) к продолжительности тренировки (Tt):

$$S = N_s / T_s \quad (2)$$

Через 12–14 часов после интенсивных тренировочных нагрузок оценивался процесс восстановления по комплексу биохимических маркеров и психофизиологическим характеристикам. Используя стандартные методики, определялось содержание в крови биохимических маркеров повреждения кардиомиоцитов и клеток скелетной мускулатуры (кардиоспецифического белка тропонина-I — Тр-I, миоглобина — МГ, креатинкиназы фракции МВ — КК-МВ), маркеров активации стресс-реактивных систем (АКТГ, адреналина, кортизола), ферментов (аспартатаминотрансферазы — АСТ, аланинаминотрансферазы — АЛТ, общей лактатдегидрогеназы — ЛДГ), малонового диальдегида (МДА), мочевой кислоты (МК). Проводился анализ электрокардиограмм (ЭКГ), измерения ВСП при ортостатической пробе согласно стандарту Европейского Кардиологического Общества [12].

Для оценки влияния тренировочных нагрузок на когнитивную систему спортсменов регистрировались психофизиологические показатели с помощью компьютерных технологий латерометрии (ЛМ) и кампиметрии (КМ) [13–15]. При проведении ЛМ измерялись дифференциальные пороги латерализации звукового образа и вычислялись коэффициенты функциональной межполушарной асимметрии (ФМПА): As_{min} — коэффициент ФМПА по показателю лабильности; As_{max} — возбудимости; As_{rash} — устойчивости. При проведении КМ определялась функция цветоразличения (ФЦР) по дифференциальным порогам в трех базовых оттенках (красном — R; зеленом — G; синем — B). Применение методов на этапах исследования представлены в таблице 1.

Статистическая обработка данных осуществлялась с использованием программного пакета Statistica 12.0. Рас-

считывались среднее значение показателей и стандартное отклонение ($M \pm SD$).

Результаты. Анализ результатов комплексных исследований позволил изучить закономерности и провести оценку эффективности процесса восстановления с учетом стадийности развития стресса в условиях интенсивных физических и эмоциональных нагрузок у спортсменов.

При исследовании взаимосвязанных изменений психофизиологических характеристик и биохимических маркеров было отмечено следующее. Увеличение концентрации в крови адреналина сопровождается повышением дифференциального порога латерализации звука в правом полушарии по коэффициентам ФМПА, характеризующим лабильность (As_{min}) и возбудимость (As_{max}) ($r=0,58$, $p=0,01$; $r=0,66$, $p=0,002$). Положительная корреляция отмечается и при изменении значений данных коэффициентов ФМПА и концентрации кортизола в крови спортсменов ($r=0,57$, $p=0,01$; $r=0,53$, $p=0,02$). Повышение кортизола коррелирует с возрастанием ТР ВСП при активной ортостатической пробе ($r=0,33$, $p=0,02$). Положительная корреляция отмечается между АКТГ и ИВБ ($r=0,35$, $p=0,01$).

У спортсменов с оптимальным функциональным состоянием в период восстановления, через 12 ч после тренировки зарегистрированы средние уровни адреналина ($68,3 \pm 0,8$ пг/мл), АКТГ ($23,6 \pm 10,7$ пмоль/л), кортизола (393 ± 193 нмоль/л), максимум дифференциального порога цветоразличения в зеленом базовом оттенке, уровень ФМПА более 0,1 условных единиц (рис. 1, 2).

У спортсменов группы риска на стадии истощения функциональных ресурсов наблюдается снижение ФМПА по показателям латерометрии, превышение дифференциальных порогов ФЦР в красном и синем базовых оттенках по показателям кампиметрии (рис. 1, 2). Также у отдельных спортсменов регистрировали низкие уровни адреналина (20 пг/мл) и кортизола (менее 200 нмоль/л).

Таблица 1 / Table 1

Методы и оцениваемые показатели на этапах исследования Methods and estimated indicators at the research stages

Этапы исследования	Метод	Показатель
В процессе тренировки	Телеметрия сердечного ритма	Индекс стрессовой нагрузки (ИСН); интенсивность стресс-реакций (S); экстрасистолия
Через 12–14 ч после тренировки	Биохимические	Тропонин-I (Тр-I)
		Креатинкиназа фракции МВ (КК-МВ)
		Лактатдегидрогеназа (ЛДГ)
		Миоглобин (МГ)
		Аспартатаминотрансфераза (АСТ)
		Аланинаминотрансфераза (АЛТ)
		Лактатдегидрогеназа (ЛДГ)
		Малоновый диальдегид (МДА)
		Мочевая кислота (МК)
		Адренокортикотропный гормон (АКТГ)
		Адреналин
		Кортизол
	Когнитивные: Компьютерная латерометрия Компьютерная кампиметрия	Коэффициенты функциональной межполушарной асимметрии (ФМПА)
		Дифференциальные пороги функции цветоразличения (ФЦР)
	Анализ ЭКГ и вариабельности сердечного ритма (ВСП) при ортостатической пробе	ЭКГ-признаки
		Спектральные показатели ВСП

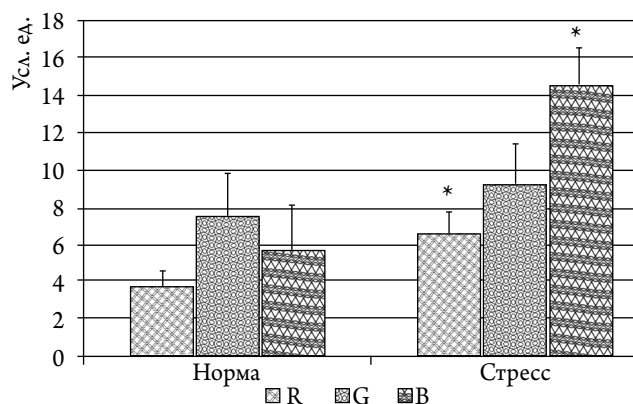


Рис. 1. Мониторинг эмоционального состояния спортсменов по функции цветоразличения

Fig. 1. Monitoring of the emotional state of athletes by the function of color differentiation

Примечания: R, G, B, — значения дифференциальных порогов цветоразличения (условные единицы) в красном, зеленом и синем базовых оттенках; * — статистически значимые различия по сравнению с нормой, $p < 0,001$.

Notes: R, G, B, — values of differential thresholds of color differentiation (conditional units) in red, green and blue base shades; * — statistically significant differences compared to the norm, $p < 0,001$.

На данной стадии фиксируются корреляции между биохимическими и психофизиологическими показателями. Так, у лиц с выявленными признаками стресса по показателям лаггерометрии и кампиметрии в крови регистрируется повышенное содержание АЛТ ($18,9 \pm 6,9$ МЕ/л против группы «норма» $14,3 \pm 3,4$ МЕ/л, $p = 0,01$), МК ($0,326 \pm 0,05$ ммоль/л против $0,256 \pm 0,06$ ммоль/л, $p = 0,02$), КК-МВ ($42 \pm 17,5$ МЕ/л против $16 \pm 3,5$ МЕ/л, $p = 0,02$) и МДА ($2,1 \pm 1,1$ мкМ/л против $0,96 \pm 0,4$ мкМ/л, $p = 0,02$).

Положительная корреляция наблюдается между концентрацией КК-МВ ($r = 0,42$, $p = 0,03$) и дифференциальным порогом цветоразличения в красном базовом оттенке, повышение которого указывает на эмоциональное истощение.

В фазу восстановления возрастает содержание гормона эритропоэтина и снижается ИВБ ($r = -0,36$, $p = 0,008$).

При проведении мониторинга ФС в процессе тренировок с использованием разработанной телеметрической системы у 60% спортсменов-гребцов (группа риска) отмечались повышенные значения ИСН ($0,30 \pm 0,04$) по сравнению со спортсменами, которые характеризовались удовлетворительной переносимостью нагрузки ($0,23 \pm 0,04$, $p = 0,003$). Также фиксировались случаи экстрасистолии при резком переходе от минимального к максимальному уровню нагрузки.

У спортсменов, у которых во время тренировок были зафиксированы высокие значения стрессовой нагрузки и интенсивности стрессовых реакций, достоверно чаще регистрировались повышенное содержание в крови Тр-І ($p = 0,049$) и выраженная синусовая аритмия ($p = 0,04$) через 12 часов после тренировки. С увеличением длительности тренировки средняя продолжительность стресс-реакции достоверно увеличивается ($r = 0,64$, $p = 0,004$) и количество стрессов достоверно возрастает ($r = 0,58$, $p = 0,012$). После более продолжительных тренировочных занятий в крови достоверно возрастает содержание КК-МВ ($r = 0,5$, $p = 0,035$) и снижается содержание эритропоэтина ($r = -0,57$,

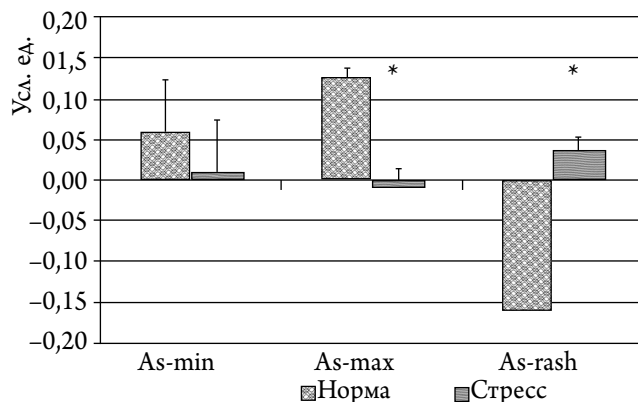


Рис. 2. Значения коэффициентов ФМПА (условные единицы) у спортсменов в норме и при стрессе

Fig. 2. The values of the FIHA (relative units) in athletes are normal and under stress

Примечания: Asmin — коэффициент ФМПА по показателю лабильности; Asmax — возбудимости; Asrash — устойчивости; * — статистически значимые различия по сравнению с нормой, $p < 0,001$.

Notes: Asmin — coefficient of FIHA in terms of lability; Asmax excitability; Asrash — sustainability; * — statistically significant differences compared to normal, $p < 0,001$.

$p = 0,015$). Через 12 часов после тренировок на ЭКГ у спортсменов чаще регистрируется синусовая аритмия ($r = 0,5$, $p = 0,039$). Увеличение средней продолжительности стресс-реакции происходит при брадикардии ($r = 0,64$, $p = 0,004$). Выявленная синусовая аритмия достоверно чаще регистрировалась при повышенных уровнях АСТ ($r = 0,58$, $p = 0,001$) и КК-МВ ($r = 0,48$, $p = 0,008$). При значительных уровнях КК-МВ у спортсменов чаще регистрируется на ЭКГ признаки нарушения проводимости правой ножки пучка Гиса ($r = 0,43$, $p = 0,02$).

Полученные в ходе проведения физиолого-гигиенического мониторинга высокие показатели ИСН и интенсивности S, указывающие на значительное перенапряжение ФС спортсменов в процессе тренировки, а также результаты биохимического анализа стали основанием для проведения коррекции тренировочного плана (табл. 2). По показателю ИСН были определены допустимые уровни нагрузки для каждого конкретного спортсмена, типы тренировочных нагрузок, не приводящие к возрастанию стрессового напряжения.

После коррекции тренировочной нагрузки было показано достоверное улучшение биохимических показателей (табл. 3).

Обсуждение. Результаты проведенного исследования указывают на то, что длительная интенсивная нагрузка у спортсменов приводит к значительным изменениям биомаркеров повреждения кардиоцитов и миоцитов и перестройкам в системе вегетативной регуляции [5–8,10,15]. Для некоторых маркеров, в частности, креатинкиназы показана положительная корреляция в зависимости от продолжительности и интенсивности физических нагрузок, а также прямая связь с показателями ВСР [6,16]. По мнению ряда исследователей, высвобождение биохимических маркеров служит стимулом к положительной адаптации к нагрузкам [5,9,10]. Важной задачей оценки ФС спортсменов является объективная дифференциация и ранняя диагностика оптимальных и неоптимальных состояний.

Таблица 2 / Table 2

Значения показателей, характеризующих стрессовую нагрузку по результатам телеметрии у спортсменов группы риска (M±SD)

Values of indicators characterizing the stress load according to the results of telemetry in athletes at risk (M±SD)

Показатель	До коррекции тренировочного процесса	После коррекции	p-уровень
Индекс стрессовой нагрузки (ИСН), условные единицы	0,30±0,04	0,22±0,03	0,0000
Интенсивность (S), стресс/мин	0,23±0,04	0,18±0,03	0,001

Таблица 3 / Table 3

Частота повышения уровней биохимических маркеров до и после коррекции физической нагрузки

Frequency of increase in levels of biochemical markers before and after correction of physical activity

Биомаркеры	До коррекции физической нагрузки	После коррекции физической нагрузки	p-уровень
Тропонин-I (Тр-I)	45,0±8,9	19,2±7,7	0,04
Креатинкиназа фракции МВ (КК-МВ)	58,8±8,8	24,0±8,2	0,05
Лактатдегидрогеназа (ЛДГ)	48,3±8,9	34,6±9,2	0,2
Аспаратаминотрансфераза (АСТ)	35,4±8,0	11,5±6,0	0,036
Миоглобин (МГ)	55,5±8,9	25,6±8,4	0,02

Многие исследователи используют в качестве маркеров стресса повышенные уровни АКТГ, кортизола, катехоламинов в крови и слюне [17]. При этом работ, в которых бы учитывалась стадийность гормонального ответа при развитии стресса, в том числе и при физических нагрузках, крайне мало [4,8]. Для изучения динамики ФС, наряду с общепринятым комплексом биохимических показателей, необходимо использовать неинвазивные высокочувствительные методы, позволяющие оперативно проводить диагностику отклонений как при выполнении тренировочной нагрузки, так и в период постнагрузочного восстановления. Имеются сведения о влиянии тренировочной нагрузки на уровень когнитивного восприятия и разработке методов определения степени утомления у спортсменов на основе анализа когнитивных систем [18]. В данном исследовании было показано, что применение технологий латерометрии и кампиметрии для оценки когнитивных функций способствовали более точной и правильной диагностике ФС. При проведении телеметрии сердечного ритма во время тренировок у спортсменов группы риска были зафиксированы высокие значения ИСН. Результаты анализа послужили основанием для разработки индивидуальных тренировочных планов у конкретных спортсменов; коррекция тренировочной программы привела к снижению ИСН и улучшению биохимических показателей.

В сохранении здоровья спортсменов важную роль играет система профилактических мероприятий, направленная на коррекцию физических нагрузок, правильную оценку работоспособности, степени тренированности спортсмена и индивидуальное динамическое наблюдение за состоянием его здоровья. Информационные технологии, с помощью которых возможно осуществлять оперативный контроль за ФС спортсмена во время тренировки, позволяют предупредить развитие катастрофических состояний, эффективно управлять тренировочным процессом, способствуют практической реализации современных здоровьесберегающих лечебных методов.

Выводы:

1. Использование комплекса биохимических маркеров (КК-МВ, АЛТ, МК, МДА, Тр-I, АСТ, МГ) и показателей кампиметрии (дифференциальных порогов ФЦР) и латерометрии

(коэффициентов ФМПА) имеет критериальную значимость для объективной оценки состояния ФС спортсменов с учетом динамики развития стресса при физических и эмоциональных нагрузках.

2. Применение для персонифицированного мониторинга разработанного метода беспроводной регистрации показателей ВСР в процессе тренировки способствует снижению риска истощения функциональных резервов и сохранению здоровья спортсменов.

3. С внедрением информационных технологий для мониторинга ФС работников с высокими нервно-эмоциональными и физическими нагрузками в условиях профессиональной деятельности появляется возможность управлять риском нарушения здоровья, обеспечивая проведение своевременной коррекции ФС, оптимизации режимов труда и отдыха и повышения безопасности труда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Измеров Н.Ф. Спорт как профессия: медико-социальные аспекты. *Мед. труда и пром. экол.* 2011; 3: 1–6.
2. Капустина А.В., Юшкова О.И., Матюхин В.В. Психфизиологические особенности устойчивости к стрессу при отдельных видах умственной работы. *Мед. труда и пром. экол.* 2018; 1: 12–8.
3. Парин С.Б., Полевая С.А. Трехкомпонентная концепция нейрхимических механизмов стресса и шока: от экспериментов к математическому моделированию. В кн: «Физиология и здоровье человека: Научные труды II съезда физиологов СНГ». Москва, Россия – Кишинэу, Молдова: Медицина Здоровье; 2008. 234–35.
4. Cadegiani F.A., Kater C.E. Hormonal aspects of overtraining syndrome: a systematic review. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation.* 2017; 9: 14. DOI: 10.1186/s13102-017-0079-8.
5. Niemelä M., Kangastupa P., Niemelä O., Bloigu R., Juvonen T. Individual responses in biomarkers of health after marathon and half-marathon running: is age a factor in troponin changes? *Scand J Clin Lab Invest.* 2016; 76 (7): 575–80.
6. Ferreira H.R., Ferreira P.G., Loures J.P., Fernandes F. J., Fernandes L.C., Buck H.S. et al. Acute Oxidative Effect and Muscle Damage after a Maximum 4 Min Test in High Performance Ath-

letes. *PLoS One*. 2016; 11(4): e0153709. DOI: 10.1371/journal.pone.0153709.

7. Shin K.A., Park K.D., Ahn J., Park Y., Kim Y.J. Comparison of Changes in Biochemical Markers for Skeletal Muscles, Hepatic Metabolism, and Renal Function after Three Types of Long-distance Running: Observational Study. *Medicine (Baltimore)*. 2016; 95(20): e3657. DOI: 10.1097/MD.00000000000003657.

8. Barrero A., Schnell F., Carrault G., Kervio G., Matelot D., Carré F. et al. Daily fatigue-recovery balance monitoring with heart rate variability in well-trained female cyclists on the Tour de France circuit. *PLoS One*. 2019; 14(3): e0213472. DOI: 10.1371/journal.pone.0213472.

9. Plews D.J., Laursen P.B., Stanley J., Kilding A.E., Buchheit M. Training adaptation and heart rate variability in elite endurance athletes: opening the door to effective monitoring. *Sports Med*. 2013; 43(9): 773–81. DOI: 10.1007/s40279-013-0071-8.

10. Bellenger C.R., Fuller J.T., Thomson R.L., Davison K., Robertson E.Y., Buckley J.D. Monitoring Athletic Training Status Through Autonomic Heart Rate Regulation: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med*. 2016; 46(10): 1461–86. DOI: 10.1007/s40279-016-0484-2.

11. Некрасова М.М., Полевая С.А., Парин С.Б., Шишалов И.С., Бахчина А.В. Способ определения стресса: пат. Рос. Федерация: RU 2531443; 2014.

12. Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Task Force of The European Society of Cardiology and The North American Society of Pacing and Electrophysiology. *European Heart Journal*. 1996; 17: 354–81.

13. Щербаков В.И., Паренко М.К., Полевая С.А. Способ исследования цветового зрения человека: пат. Рос. Федерация: RU 2222250; 2002.

14. Щербаков В.И., Паренко М.К., Полевая С.А., Шеромова Н.Н. Способ исследования межполушарной сенсорной асимметрии: пат. Рос. Федерация: RU 2207041; 2003.

15. Coates A.M., Hammond S., Burr J.F. Investigating the use of pre-training measures of autonomic regulation for assessing functional overreaching in endurance athletes. *Eur J Sport Sci*. 2018; 18(7): 965–74. DOI: 10.1080/17461391.2018.1458907.

16. Weippert M., Behrens M., Mau-Moeller A., Bruhn S., Behrens K. Relationship Between Morning Heart Rate Variability and Creatine Kinase Response During Intensified Training in Recreational Endurance Athletes. *Front. Physiol*. 2018; 9: 1267. DOI: 10.3389/fphys.2018.01267.

17. Kim H.G., Cheon E.J., Bai D.S., Lee Y.H., Koo B.H. Stress and Heart Rate Variability: A Meta-Analysis and Review of the Literature. *Psychiatry Investig*. 2018; 15(3): 235–45. DOI: 10.30773/pi.2017.08.17.

18. Schmit C., Brisswalter J. Executive functioning during prolonged exercise: a fatigue-based neurocognitive perspective. *Int. Rev. Sport Exerc. Psychol*. 2018. DOI: 10.1080/1750984X.2018.1483527.

REFERENCES

1. Izmerov N.F. Sport as a profession: medical and social aspects. *Med. truda i prom. ekol*. 2011; 3: 1–6. (in Russian).

2. Kapustina A.V., Yushkova O.I., Matyukhin V.V. Psycho-physiologic features of resistance to stress in some types of mental work. *Med. truda i prom. ekol*. 2018; 1: 12–8 (in Russian).

3. Parin S.B., Poleyeva S.A. The three-component concept of neurochemical mechanisms of stress and shock: from experiments to mathematical modeling. In: «*Physiology and human health: Scientific works of the II Congress of CIS physiologists*». Moskva, Rossiya – Kishineu, Moldova: Meditsina Zdorov'e; 2008: 234–35 (in Russian).

4. Cadegiani F.A., Kater C.E. Hormonal aspects of overtraining syndrome: a systematic review. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*. 2017; 9: 14. DOI: 10.1186/s13102-017-0079-8.

5. Niemelä M., Kangastupa P., Niemelä O., Bloigu R., Juvonen T. Individual responses in biomarkers of health after marathon and half-marathon running: is age a factor in troponin changes? *Scand J Clin Lab Invest*. 2016; 76 (7): 575–80.

6. Ferreira H.R., Ferreira P.G., Loures J.P., Fernandes F. J., Fernandes L.C., Buck H.S. et al. Acute Oxidative Effect and Muscle Damage after a Maximum 4 Min Test in High Performance Athletes. *PLoS One*. 2016; 11(4): e0153709. DOI: 10.1371/journal.pone.0153709.

7. Shin K.A., Park K.D., Ahn J., Park Y., Kim Y.J. Comparison of Changes in Biochemical Markers for Skeletal Muscles, Hepatic Metabolism, and Renal Function after Three Types of Long-distance Running: Observational Study. *Medicine (Baltimore)*. 2016; 95(20): e3657. DOI: 10.1097/MD.00000000000003657.

8. Barrero A., Schnell F., Carrault G., Kervio G., Matelot D., Carré F. et al. Daily fatigue-recovery balance monitoring with heart rate variability in well-trained female cyclists on the Tour de France circuit. *PLoS One*. 2019; 14(3): e0213472. DOI: 10.1371/journal.pone.0213472.

9. Plews D.J., Laursen P.B., Stanley J., Kilding A.E., Buchheit M. Training adaptation and heart rate variability in elite endurance athletes: opening the door to effective monitoring. *Sports Med*. 2013; 43(9): 773–81. DOI: 10.1007/s40279-013-0071-8.

10. Bellenger C.R., Fuller J.T., Thomson R.L., Davison K., Robertson E.Y., Buckley J.D. Monitoring Athletic Training Status Through Autonomic Heart Rate Regulation: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med*. 2016; 46(10): 1461–86. DOI: 10.1007/s40279-016-0484-2.

11. Nekrasova M.M., Poleyeva S.A., Parin S.B., Shishalov I.S., Bakhchina A.V. Method of stress determination: patent Russian Federation: RU 2531443; 2014 (in Russian).

12. Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Task Force of The European Society of Cardiology and The North American Society of Pacing and Electrophysiology. *European Heart Journal*. 1996; 17: 354–81.

13. Shcherbakov V.I., Parenko M.K., Poleyeva S.A. Method study color vision person: patent Russian Federation: RU 2222250, 2002. (in Russian).

14. Shcherbakov V.I., Parenko M.K., Poleyeva S.A., Sheromova N.N. Method of investigation of interhemispheric sensory asymmetry: patent Russian Federation: RU 2207041; 2003. (in Russian).

15. Coates A.M., Hammond S., Burr J.F. Investigating the use of pre-training measures of autonomic regulation for assessing functional overreaching in endurance athletes. *Eur J Sport Sci*. 2018; 18(7): 965–74. DOI: 10.1080/17461391.2018.1458907.

16. Weippert M., Behrens M., Mau-Moeller A., Bruhn S., Behrens K. Relationship Between Morning Heart Rate Variability and Creatine Kinase Response During Intensified Training in Recreational Endurance Athletes. *Front. Physiol*. 2018; 9: 1267. DOI: 10.3389/fphys.2018.01267.

17. Kim H.G., Cheon E.J., Bai D.S., Lee Y.H., Koo B.H. Stress and Heart Rate Variability: A Meta-Analysis and Review of the Literature. *Psychiatry Investig*. 2018; 15(3): 235–45. DOI: 10.30773/pi.2017.08.17.

18. Schmit C., Brisswalter J. Executive functioning during prolonged exercise: a fatigue-based neurocognitive perspective. *Int. Rev. Sport Exerc. Psychol*. 2018. DOI: 10.1080/1750984X.2018.1483527

Дата поступления / Received: 03.07.2019

Дата принятия к печати / Accepted: 12.10.2019

Дата публикации / Published: 28.10.2019

DOI: <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-10-877-881>

УДК 612.015:616–084

© Коллектив авторов, 2019

Умнягина И.А., Страхова Л.А., Блинова Т.В.

Гендерные различия биохимических показателей, отражающих состояние свободно-радикального окисления и антиоксидантной защиты у работающих металлургического производства

ФБУН «Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора, ул. Семашко, 20, Нижний Новгород, Россия, 603950

Введение. К настоящему времени установлены возрастные и половые различия для многих биохимических показателей. Гендерные различия в показателях для таких систем, как антиоксидантная, тиолдисульфидная, систем оксидативного стресса и воспаления отсутствуют или находятся на стадии изучения.

Цель исследования — выявить гендерные различия в биохимических показателях, отражающих функционирование антиоксидантных систем организма и свободно-радикального окисления у работающих металлургического производства, контактирующих с вредными производственными факторами.

Материалы и методы. Исследована кровь мужчин и женщин, работающих на металлургическом предприятии Нижегородской области ($n=80$) в условиях воздействия комплекса физических и химических производственных факторов. Общий окислительный стресс, общая антиоксидантная способность сыворотки, уровни глутатиона изучались фотометрическими биохимическими методами. Уровни С-реактивного белка и 8-гидрокси-2-дезоксигуанозина изучались методом ИФА.

Результаты. Среднее количество пероксидов в сыворотке крови у женщин превышало в 1,6 раза данный показатель у мужчин. В группе мужчин содержание 8-OHdG было выше на 26% ($p=0,012$), уровень GS — на 12% ($p=0,019$), активность SOD — в 1,5–2 раза ($p=0,0001$), уровень СРБ — в 2 раза ($p=0,008$) по сравнению с аналогичными показателями у женщин.

Заключение. Исследования гендерных различий у работающих в условиях воздействия вредных производственных факторов позволят с большей эффективностью подойти к вопросам этиологии, лечения и прогноза производственно-обусловленных заболеваний. Показатели оксидативного стресса и антиоксидантной защиты могут явиться индикаторами состояния здоровья работающих в условиях воздействия вредных производственных факторов и иметь важное значение в профилактике заболеваний, связанных с окислительным стрессом.

Ключевые слова: окислительный стресс; антиоксидантная способность; глутатион; 8-гидрокси-2-дезоксигуанозин; производственные факторы

Для цитирования: Умнягина И.А., Страхова Л.А., Блинова Т.В. Гендерные различия биохимических показателей, отражающих состояние свободно-радикального окисления и антиоксидантной защиты у работающих металлургического производства. *Мед. труда и пром. экол.* 2019; 59 (10). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-10-877-881>

Для корреспонденции: Умнягина Ирина Александровна, дир. ФБУН ННИИГП Роспотребнадзора, канд. мед. наук. E-mail: recept@nnigr.ru, nnigr@mail.ru.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Irina A. Umnyagina, Larisa A. Strakhova, Tatyana V. Blinova

Gender differences in biochemical measurement reflecting the state of free-radical oxidation and antioxidant protection among workers in metallurgical production

Nizhny Novgorod research institute for hygiene and occupational pathology, 20, Semashko str., Nizhny Novgorod, Russia, 603950

Introduction. To date, age and sex differences have been established for many biochemical parameters. Gender differences in indicators for systems such as antioxidant, thiol-disulfide, oxidative stress and inflammation systems are absent or under study.

The aim of the study was to identify gender differences in biochemical parameters reflecting the functioning of antioxidant systems of the body and free radical oxidation in workers of metallurgical production, in contact with harmful production factors.

Materials and methods. The blood of men and women working at the metallurgical enterprise of the Nizhny Novgorod region ($n=80$) under the influence of a complex of physical and chemical production factors was studied. Total oxidative stress, total antioxidant capacity of serum, glutathione levels were studied by photometric biochemical methods. Levels of C-reactive protein and 8-hydroxy-2-deoxyguanosine were studied by ELISA.

Results. The average amount of peroxides in the serum of women exceeded 1.6 times this figure in men. In the group of men, the content of 8-OHdG was higher by 26% ($p=0.012$), the level of GS by 12% ($p=0.019$), the activity of SOD — by 1.5–2 times ($p=0.0001$), the level of CRP — by 2 times ($p=0.008$) compared to similar indicators in women.

Conclusions. Studies of gender differences in workers under the influence of harmful production factors will allow more effective approach to the etiology, treatment and prognosis of production-related diseases. Indicators of oxidative stress and antioxidant protection can be indicators of the health of workers under the influence of harmful industrial factors and be important in the prevention of diseases associated with oxidative stress.

Keywords: *oxidative stress; antioxidant capacity; glutathione; 8-hydroxy-2-deoxyguanosine; production factors*

For citation: Umnyagina I.A., Strakhova L.A., Blinova T.V. Gender differences in biochemical measurement reflecting the state of free-radical oxidation and antioxidant protection among workers in metallurgical production. *Med. truda i prom. ekol.* 2019; 59 (10). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-10-877-881>

For correspondence: Irina A. Umnyagina, Director of the Nizhny Novgorod Research Institute of Hygiene and Occupational Pathology, Cand. of Sci. (Med.)

E-mail: recept@nnigp.ru, nnigp@mail.ru.

Funding: The study had no funding.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

Введение. Гендерспецифические и половые различия в течении социально значимых заболеваний и в процессах адаптации организма к производственной деятельности и окружающей среде привлекают внимание исследователей и клиницистов [1]. Не теряют актуальности вопросы, касающиеся половых различий в распространенности, симптоматики, реакции на лечение и смертности от сердечно-сосудистых заболеваний [2,3].

Доказано, что женский пол является фактором риска для заболеваний периферических артерий во всем мире. Такие маркеры атеросклероза, как цитокины, молекулы клеточной адгезии, маркеры окислительного стресса, воспаления тесно связаны с полом, и в большей степени коррелируют с заболеваниями у женщин, чем у мужчин [4]. Выявлено, что артериальная гипертензия у женщин развивается позже, и ее структура заметно отличается от таковой у мужчин. Это предъявляет особые требования к формированию плана обследования женщин при прохождении дополнительной диспансеризации или при консультировании в Центрах здоровья [5]. У женщин более распространены хронические заболевания почек, однако в ряде случаев нездоровый образ жизни может привести к снижению функции почек у мужчин быстрее, чем у женщин. Отношение к оценке и терапии некоторых заболеваний у мужчин и женщин также различны. Последние предпочитают консервативную терапию и более склонны к депрессивным состояниям, обусловленным болезнью, чем мужчины [6].

Большое теоретическое и практическое значение представляют исследования гендерных различий в процессах метаболизма у работающих во вредных условиях труда. Имеются наблюдения, свидетельствующие о различной восприимчивости мужчин и женщин к химическим факторам. У женщин была выявлена большая чувствительность к восприятию многих химических веществ, находящихся в воздухе рабочей зоны в ПДК. К таким веществам, как фталаты, бисфенол А, триклозан, триклокарбан, бензофеноны, парабены, глицоловые эфиры были более восприимчивы женщины, чем мужчины [7,8]. Найдены половые различия в модификации гистонов мышьяком в мононуклеарных клетках периферической крови лиц, подвергавшихся воздействию этого химического агента, а именно ассоциация гистонов с холином у мужчин и с витамином B12 у женщин [9]. Выявлено, что женщины более чувствительны к патологическому воздействию дыма и профессиональных пылевых факторов. Во многих странах заболеваемость ХОБЛ у женщин выше, чем у мужчин и развивается при менее длительном стаже работы [10]. Выявленные половые различия свидетельствуют о разной скорости и направленности метаболических процессов у мужчин и женщин, обусловленных анатомо-физиологическими, генетическими и гормональными факторами. Биомаркеры, отражающие состояние метаболических процессов, дают разные половые и возрастные зависимости. К настоящему времени установлены возрастные и половые различия для многих биохимических показателей, широко используемых в практическом здравоохранении и отражающих состояние

органов и систем организма [11]. Однако гендерные различия в показателях для таких систем как антиоксидантной, тиол-дисульфидной, систем оксидативного стресса и воспаления отсутствуют или находятся в стадии изучения.

Цель исследования — выявление гендерных различий в биохимических показателях, отражающих функционирование антиоксидантных систем организма и свободно-радикального окисления у работающих металлургического производства, контактирующих с вредными производственными факторами.

Материалы и методы. В неинтервенционном когортном исследовании принимали участие работники одного из металлургических предприятий Нижегородской области ($n=80$), проходивших обследование в консультативной поликлинике ФБУН «ННИИГП» Роспотребнадзора. Основной вид производственной деятельности обследуемых: у мужчин — работы, связанные с обработкой металла (кузнецы, обработчики металла, резчики металла, вальцовщики, фрезеровщики), с вождением тяжелого грузового транспорта; у женщин — машинисты подъемных кранов, заточницы, фрезеровщицы, стропальщицы, термисты, операторы станков, литейщицы пластмасс, формовщицы. В ходе производственной деятельности все работающие подвергались воздействию комплекса физических и химических производственных факторов (шум, вибрация, тепловое излучение, низкие или высокие температуры, формальдегид, аэрозоли металлов, мономеры полиакрилатов, углерода оксид, гидроксибензол, диметилбензол, кислоты, минеральные масла). Оценка рабочих мест, факторов рабочей среды и установление класса условий труда были проведены ведомственной лабораторией предприятия по ФЗ от 28.12.2013 г. №426 «О специальной оценке условий труда». Согласно данной оценке, уровни химических факторов в воздухе рабочей зоны не превышали предельно допустимых концентраций, а уровни производственного шума на рабочих местах был выше предельно допустимого (более 80 дБА). Из исследования были исключены лица с обострениями хронических заболеваний, с воспалительными, онкологическими заболеваниями.

Обследуемые были разделены на 2 группы по половому признаку: 1-я группа — мужчины в возрасте $57,1 \pm 8,1$ года ($n=48$); 2-я группа — женщины в возрасте $52,1 \pm 7,9$ года ($n=32$). Обе группы были сопоставимы по возрасту ($p>0,05$) и производственному стажу работы ($23,0 \pm 7,2$ года и $21,0 \pm 5,5$ год 1-я и 2-я группы соответственно, $p>0,05$).

Все участники дали добровольное информированное согласие на обследование и опубликование полученных результатов. Проведенная работа не ущемляла права и не подвергала опасности обследованных лиц в соответствии с требованиями биомедицинской этики, предъявляемыми Хельсинской Декларацией Всемирной медицинской ассоциации (2000) и Приказом Минздрава РФ №266 (от 19.06.2003).

Уровень 8-гидрокси-2-дезоксигуанозина (8-OHdG) в сыворотке крови определялся методом иммуноферментного анализа с помощью набора реагентов «DNA Damage

ELISA Kit» фирмы «Enzo LifeSciences» (Швейцария). Активность супероксиддисмутазы (SOD), глутатионпероксидазы (GPx) определяли набором реагентов фирмы «RANDOX» (Великобритания). Уровни общего глутатиона (TG), восстановленного (GS) и окисленного (GSSG) определяли в цельной крови по методу Элмана [12]. Уровень С-реактивного белка (СРБ) определялся иммуноферментным методом с помощью набора реагентов фирмы ЗАО «Вектор-Бест» (Россия). Показатели окислительного стресса (ОС) и общей антиокислительной способности сыворотки (АОС) определялись с помощью наборов реагентов «PerOx (TOS/TOC) Kit» и «ImAnOx (TAS/TAC) Kit» фирмы «Immundiagnostik» (Германия). Уровни ОС и АОС оценивали количественно: ОС — по наличию пероксидов в сыворотке крови и выражали в мкмоль/л перекиси, присутствующей в образце; АОС выражали в мкмоль/л разложившейся антиоксидантами экзогенной перекиси на литр сыворотки. Степень выраженности ОС и АОС в сыворотке крови оценивалась по показателям, рекомендованным производителями наборов: менее 180 мкмоль/л — низкий ОС, 180–310 мкмоль/л — средний ОС, более 310 мкмоль/л — высокий ОС; менее 280 мкмоль/л — низкая АОС, 280–320 мкмоль/л — средняя АОС, более 320 мкмоль/л — высокая АОС.

Отбор проб крови у обследуемых осуществлялся утром натощак путем венепункции локтевой вены в вакуумную пробирку. Сыворотку получалась стандартным методом и хранили до исследования при минус 80 °С.

Статистическая обработка результатов проводилась с использованием программы «Statistica 6.1». Анализ соответствия вида распределения количественных показателей выполнялся с использованием критерия Шапиро-Уилка. В расчетах были использованы параметрические и непараметрические методы описательной статистики. Для признаков, распределение которых отклонялось от нормального, количественные показатели представлены медианой и 25% — 75% квартилями (Med (IQR (25–75%))), сравнение показателей проводили с помощью критерия Манна-Уитни. В случае нормального распределения показатели представлены в виде средней (M) ± стандартное отклонение (σ), достоверность оценивали по критерию Стьюдента. Взаимосвязь между показателями определяли на основании расчета коэффициента ранговой корреляции Спирмена (R) или коэффициента корреляции Пирсона. Результаты анализа считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение. В таблице 1 представлены результаты исследований показателей ОС у мужчин и женщин, работающих во вредных условиях труда.

Приведенные данные показали, что у большинства работающих обеих групп наблюдался высокий уровень ОС — у 66,6% мужчин и 75,0% женщин. У остальных лиц ОС был низким или среднего уровня. Среднее количество пероксидов в сыворотке крови у женщин превышало в 1,6 раза данный показатель в группе мужчин ($p = 0,008$).

Концентрация 8-OHdG в обеих группах колебалась в широких пределах: от 1,6 до 82,6 нг/мл у женщин и от 2,8 до 102,8 нг/мл у мужчин, среднее содержание 8-OHdG в группе мужчин было выше по сравнению с данным показателем у женщин (17,1 (11,9–29,3) и 12,5 (7,2–18,7) соответственно, $p = 0,012$).

Полученные результаты выявили различия в ряде показателей, отражающих состояние антиоксидантных систем организма работающих во вредных производственных условиях. В таблицах 2 и 3 представлены показатели антиоксидантной защиты у мужчин и женщин.

При анализе системы глутатиона выраженные различия были выявлены в содержании восстановленного глутатиона (GS): у мужчин уровень GS превышал данный показатель у женщин на 12% ($p = 0,019$). Не установлено достоверной разницы в содержании TG и GSSG у мужчин и женщин ($p = 0,07$ и $p = 0,48$ соответственно). Однако следует отметить, что у 27,0% мужчин и 25,0% женщин содержание GSSG достигало 200 мкмоль/л и более. При этом коэффициент GS/GSSG у данных лиц был значительно снижен в большей степени у женщин, чем у мужчин (2,95 ед. против 4,17 ед., $p = 0,035$).

При анализе активности глутатионпероксидазы (GPx) в крови не отмечено различий между группами обследуемых — показатели активности данного фермента колебались в пределах от 5000 до 10000 Ед/л и не выходили за пределы референсных значений.

Выраженные отличия между группами были выявлены при изучении активности фермента SOD — в группе мужчин активность фермента была выше в 1,5–2 раза по сравнению с группой женщин ($p = 0,0001$). Следует отметить, что низкая активность данного фермента (менее 164 Ед/л) была выявлена у 30,8% обследованных женщин и только у 6,3% мужчин.

Различия были выявлены и в уровнях АОС. Так, у мужчин преобладал низкий и средний уровни АОС (33,3% и 41,6% соответственно), в то время как у женщин у большего числа лиц (56,2%) выявлялся низкий уровень АОС, а средний и высокий уровни определялись с одинаковой частотой (21,9%). Среднее количество разложившихся пероксидов в сыворотке крови у мужчин достоверно превышало его значение в группе женщин ($p = 0,025$).

Концентрация маркера острой фазы воспаления (сывороточного hsCRP) в обеих группах колебалась в широких пределах: от 1,0 до 31,00 мг/л. Анализ содержания данного показателя показал достоверность его различий у мужчин и женщин, работающих в условиях влияния вредных производственных факторов. У мужчин уровень СРБ был в 2 раза выше, чем у женщин (10,95 (6,355–15,865) против 4,935 (1,89–11,63), $p = 0,008$). Доля лиц с уровнем СРБ в сыворотке крови выше 10,0 мг/л у мужчин составляла 50,0%, у женщин — только 30,0%.

На основании изученных биохимических показателей можно предположить, что функционирование систем свободно-радикального окисления и антиоксидантной защиты у мужчин и женщин, контактирующих с вредными производственными факторами, протекает с разной степенью интенсивности. Оксидативный стресс у женщин более выражен, чем у мужчин, что проявлялось в большем увеличении количества пероксидов в сыворотке крови. Такие различия могут быть обусловлены разницей в активности SOD, первой ферментной линией защиты от свободных радикалов, которая у женщин проявляет меньшую активность, чем у мужчин. В большей степени у женщин страдает и система глутатиона — содержание восстановленного глутатиона у них снижено относительно его содержания у мужчин. Коэффициент GS/GSSG, свидетельствующий о сбалансированной работе тиол-дисульфидной системы, у 25% женщин в 2 раза ниже, чем у мужчин, что свидетельствует о серьезных нарушениях в антиокислительной защите организма от избыточного количества свободных радикалов. Полученные данные свидетельствуют, по-видимому, о большей восприимчивости женщин к воздействию вредных производственных химических и физических факторов. Рядом авторов было показано, что у женщин уровень

Таблица 1 / Table 1

Частота уровней ОС и его количественная характеристика у мужчин и женщин %, (Med (IQR (25–75%)))
Frequency of OS levels and its quantitative characteristics in men and women %, (Med (IQR (25–75%)))

Уровень ОС (статистические показатели)	Мужчины (n=48)	Женщины (n=32)
ОС, %		
Низкий	4,2	3,2
Средний	29,2	18,8
Высокий	66,6	75,0
ОС, мкмоль/л		
Медиана	390,6	620,1
25% квартиль	306,7	323,2
75% квартиль	539,9	728,6
p	p=0,008	

Примечание: p — достоверность различий в показателях ОС между группами работающих.

Note: p-reliability of differences in OS performance between groups of workers.

Таблица 2 / Table 2

Показатели активности антиоксидантной системы у мужчин и женщин, Med (IQR (25–75%))
Indicators of antioxidant system activity in men and women, Med (IQR (25–75%))

Показатель (референсные значения)	Мужчины (n=48)	Женщины (n=32)	p
TG, моль/л	1295,4 (1114–1400)	1093 (939,8–1223,3)	0,07
GS, ммоль/л	957,65 (863,9–1135,8)	845,1 (820,6–914,35)	0,019
GSSG, ммоль/л	124,65 (84,5–206,75)	120,15 (90,25–173,8)	0,48
GS/GSSG	8,11 (4,88–12,10)	7,23 (5,37–11,14)	0,29
GPx (4171–10881 Ед/л)	7593,6 (5658–8897)	6375,5 (5207–8487)	0,23
SOD (164–240 Ед/мл)	263,3 (203,0–318,0)	185,0 (128,1–198,0)	0,0001

Примечание: p — достоверность различий в средних уровнях показателей между группами работающих.

Note: p — reliability of differences in average levels of indicators between groups of workers.

Таблица 3 / Table 3

Частота уровней АОС и ее количественная характеристика у мужчин и женщин %, (Med (IQR (25–75%)))
Frequency of EPA levels and its quantitative characteristics in men and women %, (Med (IQR (25–75%)))

Уровень АОС (статистические показатели)	Мужчины (n=48)	Женщины (n=32)
АОС, %		
Низкий	33,4	56,2
Средний	41,6	21,9
Высокий	25,0	21,9
АОС, мкмоль/л		
Медиана	292,05	270,35
25% квартиль	276,05	238,0
75% квартиль	324	312,35
p	p=0,025	

Примечание: p — достоверность различий в показателях АОС между группами работающих.

Note: p — reliability of differences in AOC indicators between working groups.

общего глутатиона ниже, а концентрация малонового диальдегида выше, чем у мужчин. У женщин выявлена большая возрастная зависимость к данному биомаркеру [13,14]. Несмотря на хорошо известную роль антиоксиданта эстрогена, женщины имели более высокий окислительный статус, чем мужчины. В то же время мужчины более склонны к повреждению ДНК свободными радикалами, о чем свидетельствует более высокое содержание в моче маркера повреждения ДНК 8-OHdG [15]. Об этом говорят и результаты проведенного исследования: выявлено более высокое содержание у мужчин в сыворотке крови маркера повреждения ДНК 8-OHdG, чем у женщин.

Выводы:

1. Представленные результаты говорят о разнице в продукции и метаболической дезактивации реактивных метаболитов кислорода у мужчин и женщин.

2. Показатели оксидативного стресса и антиоксидантной защиты могут явиться индикаторами состояния здоровья работающих в условиях воздействия вредных производственных факторов и иметь важное значение в профилактике заболеваний, связанных с окислительным стрессом.

3. Дальнейшие исследования гендерных различий у работающих в условиях воздействия вредных производственных факторов позволят с большей эффективностью подойти к этиологии, лечению и прогнозу производственно-обусловленных заболеваний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Перепечко В.П., Аристархова О.Ю., Зайратьянц О.В., Верткин А.А., Дзивина М.И., Адонина Е.В. Возрастные, половые и гендерспецифические различия в течении социально-значимых заболеваний. *Врач скорой помощи*. 2011; 3: 7–15.
2. Baetta R., Pontremoli M., Fernandez A.M., Spickett C.M., Banfi C. Reprint of: Proteomics in cardiovascular diseases: Unveiling sex and gender differences in the era of precision medicine. *J Proteomics*. 2018 Apr 30; 178: 57–72. DOI: 10.1016/j.jprot.2018.03.017.
3. Shufelt C.L., Pacheco C., Tweet M.S., Miller V.M. Sex-Specific physiology and cardiovascular disease. *Adv Exp Med Biol*. 2018; 1065: 433–54. DOI: 10.1007/978-3-319-77932-4_27.
4. Comşa H.I., Zdrengha D., Man S.C., Pop D. The role of novel atherosclerosis markers in peripheral artery disease: is there a gender difference? *Cardiovasc J Afr*. 2018 Sep/Oct 23; 29 (5): 322–30. DOI: 10.5830/CVJA-2018-023.
5. Беленков Ю.Н., Фомин И.В., Бадин Ю.В., Поляков Д.С., Мареєв В.Ю., Агеев Ф.Т. Гендерные различия в распространенности и эффективности лечения артериальной гипертензии в европейской части российской федерации: результаты исследования эпоха–2007. *Проблемы женского здоровья*. 2011; 6 (4): 6–11.
6. Carrero J.J., Hecking M., Chesnaye N.C., Jager K.J. Половые и гендерные различия в эпидемиологии и исходах хронического заболевания почек. *Nat Rev Nephrol*. 2018; 14 (3): 151–64. DOI: 10.1038/nrneph.2017.181.
7. Hipwell A.E., Kahn L.G., Factor-Litvak P., Porucznik C.A., Siegel E.L., Fichorova R.N. et al. Exposure to non-persistent chemicals in consumer products and fecundability: a systematic review. Program collaborators for Environmental influences on Child Health Outcomes. *Hum Reprod Update*. 2019 Jan 1; 25 (1): 51–71. DOI: 10.1093/humupd/dmy032.
8. Pacharra M., Kleinbeck S., Schäper M., Juran S.A., Hey K., Blaszkewicz M. et al. Interindividual differences in chemosensory perception: Toward a better understanding of perceptual ratings during chemical exposures. *J Toxicol Environ Health A*. 2016; 79 (22–23): 1026–40.
9. Howe C.G., Liu X., Hall M.N., Ilievski V., Caudill M.A., Malysheva O. Sex-Specific associations between one-carbon metabolism indices and posttranslational histone modifications in arsenic-exposed bangladeshi adults. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*. 2017 Feb; 26 (2): 261–9. DOI: 10.1158/1055-9965.
10. Костюк И.Ф., Бязрова В.В., Стеблина Н.П., Прохоренко В.А. Гендерные особенности хронической обструктивной болезни легких пылевой этиологии. *Проблемы екологічної та медичної генетики і клінічної імунології*. 2012; 5: 565–71.
11. Кишкун А.А. Руководство по лабораторным методам диагностики Москва. «ГЭОТАР-Медиа»; 2009.
12. Giustarini, D., Fanti, P., Sparatore, A., Matteucci, E., Rossi R. Anethole dithiolethione lowers the homocysteine and raises the glutathione levels in solid tissues and plasma of rats: a novel non-vitamin homocysteine-lowering agent. *Biochem. Pharmacol*. 2014; 89: 246–54. DOI: 10.1016/j.bcp. 2014.03.005.
13. Puertas M.C., Martínez-Martos J.M., Cobo M.P., Carrera M.P., Mayas M.D., Ramírez-Expósito M.J. Plasma oxidative stress parameters in men and women with early stage Alzheimer type dementia. *Exp Gerontol*. 2012 Aug; 47 (8): 625–30. DOI: 10.1016/j.exger. 2012.05.019.
14. Topic A., Malic Z., Francuski D., Stankovic M., Markovic B., Soskic B. Gender-related differences in susceptibility to oxidative stress in healthy middle-aged Serbian adults. *Biomarkers*. 2016; 21 (2): 186–93. DOI: 10.3109/1354750X.2015.1126647.
15. Brunelli E., Domanico F., La Russa D., Pellegrino D. Sex differences in oxidative stress biomarkers. *Curr Drug Targets*. 2014; 15 (8): 811–5.
2. Baetta R., Pontremoli M., Fernandez A.M., Spickett C.M., Banfi C. Reprint of: Proteomics in cardiovascular diseases: Unveiling sex and gender differences in the era of precision medicine. *J Proteomics*. 2018 Apr 30; 178: 57–72. DOI: 10.1016/j.jprot.2018.03.017.
3. Shufelt C.L., Pacheco C., Tweet M.S., Miller V.M. Sex-Specific physiology and cardiovascular disease. *Adv Exp Med Biol*. 2018; 1065: 433–54. DOI: 10.1007/978-3-319-77932-4_27.
4. Comşa H.I., Zdrengha D., Man S.C., Pop D. The role of novel atherosclerosis markers in peripheral artery disease: is there a gender difference? *Cardiovasc J Afr*. 2018 Sep/Oct 23; 29 (5): 322–30. DOI: 10.5830/CVJA-2018-023.
5. Belenkov Yu.N., Fomin I.V., Badin Yu.V., Polyakov D.S., Mareyev V.Yu., Ageyev F.T. Gender differences in the prevalence and effectiveness of treatment of arterial hypertension in the European part of the Russian Federation: results of the Epidemiological survey of patients in the European part of Russia (ЕРОКНА–2007) of 2007. *Women's health issues*. 2011; 6 (4): 6–11 (in Russian).
6. Carrero J.J., Hecking M., Chesnaye N.C., Jager K.J. Половые и гендерные различия в эпидемиологии и исходах хронического заболевания почек. *Nat Rev Nephrol*. 2018; 14 (3): 151–64. DOI: 10.1038/nrneph.2017.181.
7. Hipwell A.E., Kahn L.G., Factor-Litvak P., Porucznik C.A., Siegel E.L., Fichorova R.N. et al. Exposure to non-persistent chemicals in consumer products and fecundability: a systematic review. Program collaborators for Environmental influences on Child Health Outcomes. *Hum Reprod Update*. 2019 Jan 1; 25 (1): 51–71. DOI: 10.1093/humupd/dmy032.
8. Pacharra M., Kleinbeck S., Schäper M., Juran S.A., Hey K., Blaszkewicz M. et al. Interindividual differences in chemosensory perception: Toward a better understanding of perceptual ratings during chemical exposures. *J Toxicol Environ Health A*. 2016; 79 (22–23): 1026–40.
9. Howe C.G., Liu X., Hall M.N., Ilievski V., Caudill M.A., Malysheva O. Sex-Specific associations between one-carbon metabolism indices and posttranslational histone modifications in arsenic-exposed bangladeshi adults. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*. 2017 Feb; 26 (2): 261–9. DOI: 10.1158/1055-9965.
10. Kostyuk I.F., Byazrova V.V., Steblina N.P., Prokhorenko V.L. Gender features of chronic obstructive pulmonary disease of dust etiology. *Problems of environmental and medical genetics and clinical immunology*. 2012; 5: 565–71 (in Russian).
11. Kishkun A.A. Guide to laboratory diagnostic methods. Moscow. “GEOTAR-Media”; 2009 (in Russian).
12. Giustarini, D., Fanti, P., Sparatore, A., Matteucci, E., Rossi R. Anethole dithiolethione lowers the homocysteine and raises the glutathione levels in solid tissues and plasma of rats: a novel non-vitamin homocysteine-lowering agent. *Biochem. Pharmacol*. 2014; 89: 246–54. DOI: 10.1016/j.bcp. 2014.03.005.
13. Puertas M.C., Martínez-Martos J.M., Cobo M.P., Carrera M.P., Mayas M.D., Ramírez-Expósito M.J. Plasma oxidative stress parameters in men and women with early stage Alzheimer type dementia. *Exp Gerontol*. 2012 Aug; 47 (8): 625–30. DOI: 10.1016/j.exger. 2012.05.019.
14. Topic A., Malic Z., Francuski D., Stankovic M., Markovic B., Soskic B. Gender-related differences in susceptibility to oxidative stress in healthy middle-aged Serbian adults. *Biomarkers*. 2016; 21 (2): 186–93. DOI: 10.3109/1354750X.2015.1126647.
15. Brunelli E., Domanico F., La Russa D., Pellegrino D. Sex differences in oxidative stress biomarkers. *Curr Drug Targets*. 2014; 15 (8): 811–5.

REFERENCES

1. Perepechko V.P., Aristarkhova O.Yu., Zayratyants O.V., Vertkin A.L., Dzivina M.I., Adonina Ye.V. Age, sex and gender-specific differences in the course of socially significant diseases. *Emergency doctor*. 2011; 3: 7–15 (in Russian).

Дата поступления / Received: 03.07.2019
Дата принятия к печати / Accepted: 12.10.2019
Дата публикации / Published: 28.10.2019

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

DOI: <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-10-882-886>

УДК 613.6:610.23

© Коллектив авторов, 2019

Трошин В.В., Умнягина И.А., Орлов А.А.

Факторы риска трудоспособности работающих и применение индекса трудоспособности для ее оценки

ФБУН «Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора, ул. Семашко, 20, Нижний Новгород, Россия, 603950

Представлен анализ преимущественно зарубежных публикаций, посвященных ведущим факторам риска, влияющим на трудоспособность, возможности использования скринингового метода оценки работоспособности при помощи опросника «Индекс трудоспособности» для получения объективных данных, на основе которых возможна разработка профилактических мер, направленных на поддержание наиболее квалифицированных, стажированных работников, продление их пребывания в профессии. Поиск электронной литературы проведен по базам данных Medline, CINAHL и Embase.
Ключевые слова: трудоспособность; профессиональные факторы риска; пожилые работники; состояние здоровья; методы профилактики

Для цитирования: Трошин В.В., Умнягина И.А., Орлов А.А. Факторы риска трудоспособности работающих и применение индекса трудоспособности для ее оценки. *Мед. труда и пром. экол.* 2019; 59 (10). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-10-882-886>

Для корреспонденции: Трошин Вячеслав Владимирович, зав. клиническим отделом ФБУН ННИИГП Роспотребнадзора, канд. мед. наук. E-mail: vecheslavl@yandex.ru, recept@niigp.ru.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Viacheslav V. Troshin, Irina A. Umnyagina, Andrey L. Orlov

Risk factors of working capacity of workers and the use of the index of working capacity for its assessment

Nizhny Novgorod research institute for hygiene and occupational pathology, 20, Semashko str., Nizhny Novgorod, Russia, 603950

The analysis of mainly foreign publications devoted to the leading risk factors affecting the ability to work, the possibility of using the screening method of assessing performance using the questionnaire "index of ability to work" to obtain objective data, on the basis of which it is possible to develop preventive measures aimed at maintaining the most qualified, trained workers, extending their stay in the profession. Electronic literature search was carried out on Medline, CINAHL and Embase databases.

Keywords: working capacity; professional risk factors; elderly workers; health status; methods of prevention

For citation: Troshin V.V., Umnyagina I.A., Orlov A.L. Risk factors of working capacity of workers and the use of the index of working capacity for its assessment. *Med. truda i prom. ekol.* 2019; 59 (10). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-10-882-886>

For correspondence: Viacheslav V. Troshin, Head of clinical department of Nizhny Novgorod Research Institute of Hygiene and Occupational Pathology, Cand. of Sci. (Med.). E-mail: vecheslavl@yandex.ru, recept@niigp.ru.

Funding: The study had no funding.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

Значительная часть работников в РФ продолжает трудиться в условиях труда, которые предъявляют повышенные требования к состоянию их здоровья.

Демографическая ситуация в стране, политика по повышению пенсионного возраста ведут к тому, что доля лиц старших возрастов среди работающих будет увеличиваться по объективным и субъективным причинам. Похожая ситуация складывается и в ряде других стран. Население стареет, и доля лиц старше 50 лет продолжает быстро увеличиваться [1]. В связи с этим многие западные страны увеличивают официальный пенсионный возраст. У стареющих рабочих все более значимыми будут проблемы со здоровьем. Они будут сталкиваться со снижением работоспособности [2], снижением производительности труда [3], увеличением риска временной [4] и даже стойкой нетрудоспособности [5].

В рамках развития рынка труда и повышения его гибкости актуальна задача создания условий для продления периода трудовой деятельности, т. е. использования трудового потенциала лиц старшего возраста за счет гибкого графика работы, частичной занятости, упорядочения системы льготных пенсий [6].

Работоспособность (трудоспособность) — это сложное понятие, которое можно определить как способность человека к успешному выполнению определенного вида трудовой деятельности в соответствии с существующими количественными и качественными нормами труда [7].

Понятие трудоспособности (работоспособности), определяемое как мера способности трудящегося умственно и физически выполнять свою текущую работу, и как баланс между ресурсами человека (например, здоровьем, ком-

петентностью) и условиями работы (окружающая среда и сообщество, организационные факторы) имеет актуальное значение [8]. Этот оптимальный баланс не является постоянной величиной и может отличаться на разных этапах трудовой жизни. Личные ресурсы изменяются, например, с возрастом, а работа — вследствие глобализации и новых технологий. Поэтому и факторы, влияющие на работоспособность, могут меняться [7].

Оценивая влияние условий труда, необходимо учитывать и законодательные допуски для работающих во вредных и опасных условиях через решение вопросов профессиональной пригодности в ходе обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров.

В этой связи актуальной представляется информация о современной оценке факторов риска трудоспособности, о возможности применения методик объективной оценки работоспособности [6].

Цель обзора — анализ преимущественно зарубежных публикаций, посвященных ведущим факторам риска, влияющим на трудоспособность, возможности использования скринингового метода оценки работоспособности трудящихся при помощи опросника «Индекс трудоспособности» для получения объективных данных, на основе которых возможна разработка профилактических мер, направленных на поддержание наиболее квалифицированных, стажированных работников, продление их пребывания в профессии.

Стратегия поиска. Проведен анализ данных, касающихся методов оценки трудоспособности работников и методов повышения их трудоспособности. Поиск электронной литературы проведен по следующим базам данных: Medline, CINAHL и Embase и был ограничен преимущественно англоязычными публикациями с января 2000 г. по март 2019 г. Библиография включала и поиск цитируемой ссылки с использованием Web of Science.

Факторы, влияющие на трудоспособность. В обобщающем исследовании Ilmarinen J. (2009) показано, что на работоспособность человека влияет целый комплекс факторов: 1) общественные отношения: культура, законодательство, образование, социальная политика и доступность здравоохранения; 2) факторы экологии и условия труда; 3) непосредственное социальное окружение и семья; 4) взаимоотношения в трудовом коллективе, с руководством; 5) мироощущение, мотивации и компетенции работника; 6) здоровье и функциональные возможности [9]. Выделение перечисленных факторов во многом условно, так как их влияние взаимосвязано.

Среди людей всех возрастов *условия труда* являются статистически наиболее значимыми факторами, влияющими на работоспособность. Авторы выделяют комплекс факторов риска, среди них: организация работы, неблагоприятные (вредные) условия труда и их прямое (через вопрос о профпригодности) и опосредованное (через влияние на здоровье и трудоспособность), соответствие работника условиям травмоопасности [10].

Пониженная работоспособность может быть связана с высокими умственными нагрузками, с отсутствием самостоятельности в принятии решений, с воздействием физических факторов рабочей среды и с высокой физической нагрузкой [11]. Досрочному выходу на пенсию способствуют плохие психосоциальные условия труда [12]. И, наоборот, к факторам, продлевающим срок работы, относятся привлекательные условия и хорошая экология труда [13].

Наибольшее количество публикаций посвящено влиянию *здоровья* и функциональных возможностей работника на трудоспособность; обзорные исследования показывают,

что эти показатели являются значимыми факторами, влияющими на работоспособность [2,10,13].

Испанские исследователи выявили влияние множественной коморбидности на риск возникновения случаев нетрудоспособности по причине мышечно-скелетной, кардиоваскулярной патологии и расстройств психического здоровья [14].

Повторные длительные наблюдения показали, что взаимосвязь здоровья и результативности работы зависела от психологических проблем, которые увеличивали риск временной нетрудоспособности в течение года [4]. Обследование работников в возрасте 45–64 лет выявило, что хронические проблемы со здоровьем ассоциировались со снижением трудоспособности и снижением производительности труда. Кроме психологических расстройств на трудоспособность влияли, несколько в меньшей степени, желудочно-кишечные проблемы, расстройства кровообращения и мышечно-скелетные заболевания [4].

У работающих в возрасте 25–44 лет ведущими нарушениями, дающими долгосрочный эффект снижения производительности труда, были проблемы со спиной (46%), заболевания ног (45%) и ожирение (37%). Среди краткосрочно действующих нарушений здоровья преобладали проблемы со спиной (55%), заболевания ног (49%) и нарушения сна (51%). Суммарно наибольший риск снижения производительности был обусловлен суставными болями (44%), проблемами со спиной (53%) и заболеваниями ног (56%) [15].

Снижение производительности труда из-за болезни чаще всего было обусловлено невыходом на работу, работой в болезненном состоянии, или полной стойкой потерей трудоспособности [16].

Влияние нарушений здоровья на трудоспособность работников отмечено во многих странах. У австралийских рабочих обнаружили увеличение риска временной нетрудоспособности среди лиц, имеющих проблемы с наркотиками и алкоголем, имеющих психологические проблемы, страдающих раком и артритом. Риск снижения производительности труда дополнительно был связан с повышенной утомляемостью и ожирением [17]. Исследование рабочих из Германии обнаружило, что наибольшее количество дней временной нетрудоспособности было обусловлено артритом и психологическими проблемами [18]. В США наибольший риск временной нетрудоспособности был обусловлен диабетом [19]. Среди психических нарушений в этой стране особенно выделялась депрессия, которая ассоциировалась со снижением производительности труда, увеличением временной нетрудоспособности, учащением выхода на работу в болезненном состоянии и стойкой нетрудоспособностью [20]. Как подсчитано в США, ежегодные потери производительности труда из-за депрессии составляли \$44 миллиарда [21]. Стоимость ежегодных потерь на одного работника была наивысшей из-за гипертонии — \$392, психологических проблем — \$348 и артритов — \$327 [22]. Было отмечено, что снижение производительности труда из-за проблем со здоровьем обходится работодателям в миллиарды долларов ежегодно [23].

Здоровье, условия труда, навыки и знания, социальные и экономические факторы являются важными мотиваторами работы после достижения пенсионного возраста [24].

Возможность мониторинга трудоспособности у работающих с помощью опросника «Индекс трудоспособности». Отследить многофакторное влияние коморбидной патологии и других факторов на трудоспособность работника сложно. Особенно непросто это осуществить в процессе ограниченных во времени групповых исследова-

ний, в ходе профилактических медицинских осмотров. Однако применение специально разработанных опросников трудоспособности доказало свою эффективность. В Европе получил широкое применение опросник Work Ability Index (WAI), апробированный во многих странах [25].

Использование индекса трудоспособности (WAI) началось в начале 1980-х годов в Финляндии. Основной научный вопрос, поставленный перед авторами опросника, заключался в том, как долго рабочие и служащие могут работать, и в какой степени способность работать зависит от содержания и условий работы. Социальная потребность в новом, позитивном подходе была очевидна, что нашло отражение в разработке и утверждении опросника «Индекс трудоспособности» (ИТ) [9].

Достоинством опросника ИТ является широкое использование его в различных странах, что позволяет сопоставлять результаты исследований. Данные ИТ оцениваются медицинским персоналом по разработанной шкале. Полученная оценка в баллах позволяет среди работников выделять группы с различным уровнем трудоспособности и нуждающихся в мероприятиях по ее восстановлению или укреплению.

В ходе 11-летнего периода наблюдения было установлено, что средний показатель ИТ значительно снизился у 30% участников, оставался неизменным у 60%, улучшился у 10% при разных видах деятельности (физическая, умственная или смешанная нагрузка). Модель логистической регрессии показала, что факторы, связанные с управлением на рабочем месте, эргономикой и образом жизни, могут как ухудшать, так и улучшать работоспособность [8].

Здоровье связано с возрастом, и поэтому очевидно, что ИТ, содержащий вопросы о здоровье, показывает тенденцию снижения показателей трудоспособности с возрастом. В возрастной группе моложе 35 лет высокая трудоспособность отмечалась в 47%, а в возрастной группе старше 55 лет — лишь в 25% случаев. Средний показатель ИТ опускался ниже допустимого уровня в возрастном диапазоне 62–65 лет. Причем в возрастной группе старше 54 лет начинал существенно увеличиваться разрыв по трудоспособности между работниками, имеющими хронические заболевания и без них [9].

Однако эта взаимосвязь не носила линейный характер, хорошее здоровье не гарантирует хорошего показателя работоспособности и, наоборот, наличие проблем со здоровьем не означает, что ИТ безвозвратно снижен [26].

Полный вариант опросника ИТ имеет приемлемую прогностическую ценность и превосходит отдельные его элементы. В упрощенных ситуациях для скрининга могут быть использованы три его составляющие: текущая работоспособность по сравнению с лучшей в течение жизни, предполагаемое ухудшение работоспособности из-за заболеваний и количество текущих заболеваний, диагностированных врачом [27].

Один из элементов ИТ, показатель трудоспособности, позволяет сравнить текущую работоспособность с лучшей в течение жизни и оценить по шкале в баллах от 0 до 10. Имеются данные, что показатель трудоспособности может быть разумной альтернативой полного варианта ИТ [28].

Полученные оценки трудоспособности могут иметь и прогностическое значение. Люди с плохой работоспособностью имели повышенный риск раннего выхода на пенсию [28], риск длительной временной нетрудоспособности и риск стойкой утраты трудоспособности [29], а также риск снижения функциональных возможностей и более высокий риск смерти [30]. Работники с низким и снижающимся уровнем работоспособности были более подвержены риску безработицы, инвалидности и низкой

активности до выхода на пенсию, а также риску досрочной пенсии. Помогая людям поддерживать высокий уровень работоспособности до достижения заключительной части их карьеры и помогая им отсрочить снижение работоспособности, можно сократить количество людей, получающих пособия по безработице, инвалидности и досрочно выходящих на пенсию [31].

Обзоры, посвященные профилактике нарушений работоспособности, показывают неоднозначные результаты. Один из обзоров показал небольшой положительный эффект по улучшению трудоспособности от профилактических вмешательств на рабочем месте. Были проанализированы результаты как многоуровневых вмешательств, включая изменения в рабочих схемах и отношениях с руководителями, так и индивидуально-ориентированные вмешательства, рекомендации по изменению поведения работников, программы профилактических упражнений. Однако качество доказательной базы было умеренным, что исключало какие-либо устойчивые выводы. Было сделано заключение, что необходимы дальнейшие высококачественные исследования, чтобы установить влияние профилактических вмешательств на работоспособность [32].

Имеются данные, что коррекция психологических нарушений может сыграть положительную роль в ходе профилактических вмешательств на рабочем месте по укреплению здоровья [4].

Другие исследователи выявили, что меры физической и психосоциальной профилактики на рабочем месте были не эффективны в отношении как первичного восстановления работоспособности, так и вторичного восстановления физиологических ресурсов работников, их производительности труда [33].

Несмотря на неоднозначные данные об эффективности профилактических мероприятий, современные исследования показывают, что главная задача при их разработке должна заключаться в выявлении и контроле причин отсутствия на работе по болезни [34].

Заключение. Современные исследования подтвердили данные о том, что вопросы трудоспособности работников, продолжающих трудиться, не утратили актуальности в связи с постоянно меняющимися условиями работы и увеличением возраста трудоспособного населения. Показатели работоспособности зависят от комплекса факторов риска, среди которых ведущими являются состояние здоровья и условия труда людей. Проблема объективизации уровней трудоспособности может быть решена путем использования специальных опросников, среди которых наиболее широко используемым является «Индекс трудоспособности». Показана его достаточная информативность в различных возрастных группах, что позволяет применять ИТ при обследовании стажированных работников, в том числе для прогнозирования их пребывания в профессии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. World Population Ageing 1950–2050 “II. Magnitude and Speed of Populations Ageing” United Nations Department of Economic & Social Affairs Population Division Report, New York: 2002.
2. van de Vijfeijke H., Leijten F.R.M., Ybema J.F., van den Heuvel S.G., Robroek S.J.W., van der Beek A.J., et al. Differential Effects of Mental and Physical Health and Coping Style on Work Ability: A One-Year Follow-Up Study among Aging Workers. *J Occup Environ Med.* 2013; 55(10):1238–43. DOI 10.1097/JOM.0b013e3182a2a5e1.
3. Alavinia S.M., Molenaar D., Burdorf A. Productivity Loss in the Workforce: Associations With Health, Work Demands, and

Individual Characteristics. *Am J Ind Med.* 2009; 52(1):49–56. DOI 10.1002/ajim.20648

4. Leijten F.R.M., van den Heuvel S.G., Ybema J.F., van der Beek A.J., Robroek S.J.W., Burdorf A. The influence of chronic health problems on work ability and productivity at work: a longitudinal study among older employees. *Scand J Work Environ Health.* 2014; 40(5):473–482. DOI: 10.5271/sjweh.3444.

5. Schuring M., Robroek S.J.W., Otten Ferdy W.J., Arts C.H., Burdorf A. The effect of ill health and socioeconomic status on labor force exit and re-employment: a prospective study with ten years follow-up in the Netherlands. *Scand J Work Environ Health.* 2013; 39(2):134–43. DOI: 10.5271/sjweh.3321.

6. Измеров Н.Ф. Работа в пожилом возрасте. *Мед. труда и пром. экол.* 2012; 2:3–8.

7. Ilmarinen J., Tuomi K. Past, present and future of work ability. In: Ilmarinen J., Lehtinen S. Past, present and future of work ability. Helsinki: Finnish Institute of Occupational Health; 2004. People and Work, Research Reports 65: 1–25.

8. Ilmarinen J., Tuomi K., Klockars M. Changes in the work ability of active employees over an 11-year period. *Scand J Work Environ Health.* 1997; 23 Suppl 1: 49–57.

9. Ilmarinen J. Work ability: a comprehensive concept for occupational health research and prevention. *Scand J Work Environ Health.* 2009; 35(1): 1–5. DOI: 10.5271/sjweh.1304.

10. Gould R, Ilmarinen J, Järvisalo J, Koskinen S, editors. Dimension of work ability: results of the Health 2000 Survey. Helsinki; Finnish Centre of Pensions, The Social Insurance Institution, National Public Health Institute, Finnish Institute of Occupational Health; 2008.

11. van den Berg T.I., Elders L.A., de Zwart B.C., Burdorf A. The effects of work-related and individual factors on the Work Ability Index: a systematic review. *Occup Environ Med.* 2009; 66(4):211–20. DOI: 10.1136/oem.2008.039883.

12. Sundstrup E., Hansen Å.M., Mortensen E.L., Poulsen O.M., Clausen T., Rugulies R., et al. Retrospectively assessed physical work environment during working life and risk of sickness absence and labour market exit among older workers. *Occup Environ Med.* 2018; 75:114–23. DOI: 10.1136/oemed-2016-104279.

13. Andersen L.L., Sundstrup E. Study protocol for Senior-WorkingLife — push and stay mechanisms for labour market participation among older workers. *BMC Public Health.* 2019; 19:133. DOI: 10.1186/s12889-019-6461--6.

14. Ubalde-Lopez M., Delclos G. L., Benavides F. G., Calvo-Bonacho E., Gimeno D. The effect of multimorbidity on sickness absence by specific diagnoses. *Occup Med (Lond).* 2017; 67(2):93–100. DOI 10.1016/j. phytochem

15. Besen E., Pranksy G. Assessing the Relationship Between Chronic Health Conditions and Productivity Loss Trajectories. *JOEM.* 2014; 56(12):1249–57. DOI: 10.1097/JOM.0000000000000328.

16. Koopmanschap M., Burdorf A., Lotters F. Work absenteeism and productivity loss at work. In: Loisel P., Anema J.R., eds. *Handbook of Work Disability*. New York: Springer; 2013: 31–41.

17. Holden L., Scuffham P.A., Hilton M.F., Ware R.S., Vecchio N., Whiteford H.A. Which health conditions impact on productivity in working Australians? *J Occup Environ Med.* 2011; 53:253–7. DOI: 10.1097/JOM.0b013e31820d1007.

18. Iverson D., Lewis K.L., Caputi P., Knospe S. The cumulative impact and associated costs of multiple health conditions on employee productivity. *J Occup Environ Med.* 2010; 52:1206–11. DOI: 10.1097/JOM.0b013e3181fd276a.

19. Boles M., Pelletier B., Lynch W. The relationship between health risks and work productivity. *J Occup Environ Med.* 2004; 46: 737–45.

20. Lerner D., Henke R.M. What does research tell us about depression, job performance, and work productivity? *J Occup Environ Med.* 2008; 50:401–10. DOI: 10.1097/JOM.0b013e31816bae50.

21. Stewart W.F., Ricci J.A., Chee E., Hahn S.R., Morganstein D. Cost of lost productive work time among US workers with depression. *JAMA.* 2003; 289:3135–3144. DOI: 10.1001/jama.289.23.3135.

22. Goetzel R.Z., Long S.R., Ozminkowski R.J., Hawkins K., Wang S., Lynch W. Health, absence, disability, and presenteeism cost estimates of certain physical and mental health conditions affecting U.S. employers. *J Occup Environ Med.* 2004; 46: 398–412.

23. Witters D., Liu D. In U.S., Poor Health Tied to Big Losses for All Job Types. Washington, D.C.: Gallup Well-Being; 2013.

24. Sewdas R., de Wind A., van der Zwaan L.G.L., van der Borg W.E., Steenbeek R., van der Beek A.J., et al. Why older workers work beyond the retirement age: a qualitative study. *BMC Public Health.* 2017; 17:672. DOI: 10.1186/s12889-017-4675-z.

25. Morschhäuser M., Sochert R. Healthy Work in an Ageing Europe. *Strategies and Instruments for Prolonging Working Life.* 2006: 35–8.

26. Koskinen S., Martelin T., Sainio P., Gould R. Factors affecting work ability. In: Gould R., Ilmarinen J., Järvisalo J., Koskinen S., editors. *Dimension of work ability: results of the Health 2000 Survey*. Helsinki: Finnish Centre of Pensions, The Social Insurance Institution, National Public Health Institute, Finnish Institute of Occupational Health; 2008: 65–79.

27. Lundin A., Leijon O., Vaez M., Hallgren M., Torgén M. Predictive validity of the Work Ability Index and its individual items in the general population. *Scand J Public Health.* 2017; 45(4):350–6. DOI: 10.1177/1403494817702759.

28. Jäskeläinen A., Kausto J., Seitsamo J., Ojajarvi A., Nygård C.H., Arjas E. et al. Work ability index and perceived work ability as predictors of disability pension: a prospective study among Finnish municipal employees. *Scand J Work Environ Health.* 2016; 42(6):490–9. DOI: 10.5271/sjweh.3598.

29. Burdorf A., Frings-Dresen M.H., van Duivenbooden C., Elders L.A. Development of a decision model to identify workers at risk of long-term disability in the construction industry. *Scand J Work Environ Health.* 2005; 31 Suppl 2: 31–6.

30. von Bonsdorff M.B., Seitsamo J., Ilmarinen J., Nygård C.H., von Bonsdorff M.E., Rantanen T. Work ability in midlife as a predictor of mortality and disability in later life: a 28-year prospective follow-up study. *CMAJ.* 2011; 183(4):E235–42. DOI: 10.1503/cmaj.100713.

31. Boissonneault M., de Beer J. Work Ability Trajectories and Retirement Pathways a Longitudinal Analysis of Older American Workers. *JOEM.* 2018; 60(7): e343–8. DOI 10.1097/JOM.0000000000001353

32. Oakman J., Neupane S., Proper K.I., Kinsman N., Clask-Håkan N. Workplace interventions to improve work ability: A systematic review and meta-analysis of their effectiveness. *Scand J Work Environ Health.* 2018; 44(2): 134–46. DOI: 10.5271/sjweh.3685.

33. Gupta N., Wählin-Jacobsen C.D., Abildgaard J.S., Henriksen L.N., Nielsen K., Holtermann A. Effectiveness of a participatory physical and psychosocial intervention to balance the demands and resources of industrial workers: A cluster randomized controlled trial. *Scand J Work Environ Health.* 2018; 44(1):58–68. DOI: 10.5271/sjweh.3689.

34. Burdorf A. Prevention strategies for sickness absence: sick individuals or sick populations? *Scand J Work Environ Health.* 2019; 45(2):101–2. DOI: 10.5271/sjweh.3807.

REFERENCES

1. World Population Ageing 1950–2050 “II. Magnitude and Speed of Populations Ageing” United Nations Department of Economic & Social Affairs Population Division Report, New York: 2002.

2. van de Vijfeijke H., Leijten F.R.M., Ybema J.F., van den Heuvel S.G., Robroek S.J.W., van der Beek A.J., et al. Differential Effects of

- Mental and Physical Health and Coping Style on Work Ability: A One-Year Follow-Up Study among Aging Workers. *J Occup Environ Med.* 2013; 55(10):1238–43. DOI: 10.1097/JOM.0b013e3182a2a5e1.
3. Alavinia S.M., Molenaar D., Burdorf A. Productivity Loss in the Workforce: Associations With Health, Work Demands, and Individual Characteristics. *Am J Ind Med.* 2009; 52(1):49–56. DOI: 10.1002/ajim.20648.
4. Leijten F.R.M., van den Heuvel S.G., Ybema J.F., van der Beek A.J., Robroek S.J.W., Burdorf A. The influence of chronic health problems on work ability and productivity at work: a longitudinal study among older employees. *Scand J Work Environ Health.* 2014; 40(5):473–82. DOI: 10.5271/sjweh.3444.
5. Schuring M., Robroek S.J.W., Otten Ferdy W.J., Arts C.H., Burdorf A. The effect of ill health and socioeconomic status on labor force exit and re-employment: a prospective study with ten years follow-up in the Netherlands. *Scand J Work Environ Health.* 2013; 39(2): 134–43. DOI: 10.5271/sjweh.3321.
6. Izmerov N.F. Old age workers. *Med. truda i prom. ecol.* 2012; 2:3–8. (in Russian)
7. Ilmarinen J., Tuomi K. Past, present and future of work ability. In: Ilmarinen J., Lehtinen S. Past, present and future of work ability. Helsinki: Finnish Institute of Occupational Health; 2004. People and Work, Research Reports 65: 1–25.
8. Ilmarinen J., Tuomi K., Klockars M. Changes in the work ability of active employees over an 11-year period. *Scand J Work Environ Health.* 1997; 23 (1):49–57.
9. Ilmarinen J. Work ability: a comprehensive concept for occupational health research and prevention. *Scand J Work Environ Health.* 2009; 35(1):1–5. DOI: 10.5271/sjweh.1304.
10. Gould R., Ilmarinen J., Jarvisalo J., Koskinen S., editors. Dimension of work ability: results of the Health 2000 Survey. Helsinki; Finnish Centre of Pensions, The Social Insurance Institution, National Public Health Institute, Finnish Institute of Occupational Health; 2008.
11. van den Berg T.I., Elders L.A., de Zwart B.C., Burdorf A. The effects of work-related and individual factors on the Work Ability Index: a systematic review. *Occup Environ Med.* 2009; 66(4):211–20. DOI: 10.1136/oem.2008.039883.
12. Sundstrup E., Hansen Å.M., Mortensen E.L., Poulsen O.M., Clausen T., Rugulies R., et al. Retrospectively assessed physical work environment during working life and risk of sickness absence and labour market exit among older workers. *Occup Environ Med.* 2018; 75:114–23. DOI: 10.1136/oemed-2016-104279.
13. Andersen L.L., Sundstrup E. Study protocol for Senior-WorkingLife — push and stay mechanisms for labour market participation among older workers. *BMC Public Health.* 2019; 19:133. DOI: 10.1186/s12889-019-6461-6.
14. Ubalde-Lopez M., Delclos G. L., Benavides F. G., Calvo-Bonacho E., Gimeno D. The effect of multimorbidity on sickness absence by specific diagnoses. *Occup Med (Lond).* 2017; 67(2):93–100. DOI: 10.1016/j.phytochem.
15. Besen E., Pranksy G. Assessing the Relationship Between Chronic Health Conditions and Productivity Loss Trajectories. *JOEM.* 2014; 56(12):1249–57. DOI: 10.1097/JOM.0000000000000328.
16. Koopmanschap M., Burdorf A., Lotters F. Work absenteeism and productivity loss at work. In: Loisel P., Anema J.R., eds. Handbook of Work Disability. New York: Springer; 2013:31–41.
17. Holden L., Scuffham P.A., Hilton M.F., Ware R.S., Vecchio N., Whiteford H.A. Which health conditions impact on productivity in working Australians? *J Occup Environ Med.* 2011; 53:253–7. DOI: 10.1097/JOM.0b013e31820d1007.
18. Iverson D., Lewis K.L., Caputi P., Knospe S. The cumulative impact and associated costs of multiple health conditions on employee productivity. *J Occup Environ Med.* 2010; 52:1206–11. DOI: 10.1097/JOM.0b013e3181fd276a.
19. Boles M., Pelletier B., Lynch W. The relationship between health risks and work productivity. *J Occup Environ Med.* 2004; 46: 737–45.
20. Lerner D., Henke R.M. What does research tell us about depression, job performance, and work productivity? *J Occup Environ Med.* 2008; 50: 401–10. DOI: 10.1097/JOM.0b013e31816bae50.
21. Stewart W.F., Ricci J.A., Chee E., Hahn S.R., Morganstein D. Cost of lost productive work time among US workers with depression. *JAMA.* 2003; 289:3135–44. DOI: 10.1001/jama.289.23.3135.
22. Goetzel R.Z., Long S.R., Ozminkowski R.J., Hawkins K., Wang S., Lynch W. Health, absence, disability, and presenteeism cost estimates of certain physical and mental health conditions affecting U.S. employers. *J Occup Environ Med.* 2004; 46:398–412.
23. Witters D., Liu D. In U.S., Poor Health Tied to Big Losses for All Job Types. Washington, D.C.: Gallup Well-Being; 2013.
24. Sewdas R., de Wind A., van der Zwaan L.G.L., van der Borg W.E., Steenbeek R., van der Beek A.J., et al. Why older workers work beyond the retirement age: a qualitative study. *BMC Public Health.* 2017; 17:672. DOI: 10.1186/s12889-017-4675-z.
25. Morschhäuser M., Sochert R. Healthy Work in an Ageing Europe. Strategies and Instruments for Prolonging Working Life. 2006: 35–38.
26. Koskinen S., Martelin T., Sainio P., Gould R. Factors affecting work ability. In: Gould R., Ilmarinen J., Jarvisalo S., Koskinen S., editors. Dimension of work ability: results of the Health 2000 Survey. Helsinki: Finnish Centre of Pensions, The Social Insurance Institution, National Public Health Institute, Finnish Institute of Occupational Health; 2008: 65–79.
27. Lundin A., Leijon O., Vaez M., Hallgren M., Torgén M. Predictive validity of the Work Ability Index and its individual items in the general population. *Scand J Public Health.* 2017; 45(4): 350–6. DOI: 10.1177/1403494817702759.
28. Jääskeläinen A., Kausto J., Seitsamo J., Ojajärvi A., Nygård C.H., Arjas E. et al. Work ability index and perceived work ability as predictors of disability pension: a prospective study among Finnish municipal employees. *Scand J Work Environ Health.* 2016; 42(6): 490–9. DOI: 10.5271/sjweh.3598.
29. Burdorf A., Frings-Dresen M.H., van Duivenbooden C., Elders L.A. Development of a decision model to identify workers at risk of long-term disability in the construction industry. *Scand J Work Environ Health.* 2005; 31 (2): 31–6.
30. von Bonsdorff M.B., Seitsamo J., Ilmarinen J., Nygård C.H., von Bonsdorff M.E., Rantanen T. Work ability in midlife as a predictor of mortality and disability in later life: a 28-year prospective follow-up study. *CMAJ.* 2011; 183(4): E235–42. DOI: 10.1503/cmaj.100713.
31. Boissonneault M., de Beer J. Work Ability Trajectories and Retirement Pathways a Longitudinal Analysis of Older American Workers. *JOEM.* 2018; 60(7): e343–8. DOI: 10.1097/JOM.0000000000001353.
32. Oakman J., Neupane S., Proper K.I., Kinsman N., Clas-Håkan N. Workplace interventions to improve work ability: A systematic review and meta-analysis of their effectiveness. *Scand J Work Environ Health.* 2018; 44(2): 134–46. DOI: 10.5271/sjweh.3685.
33. Gupta N., Wählin-Jacobsen C.D., Abildgaard J.S., Henriksen L.N., Nielsen K., Holtermann A. Effectiveness of a participatory physical and psychosocial intervention to balance the demands and resources of industrial workers: A cluster randomized controlled trial. *Scand J Work Environ Health.* 2018; 44(1):58–68. DOI: 10.5271/sjweh.3689.
34. Burdorf A. Prevention strategies for sickness absence: sick individuals or sick populations? *Scand J Work Environ Health.* 2019; 45(2):101–2. DOI: 10.5271/sjweh.3807.

Дата поступления / Received: 03.07.2019

Дата принятия к печати / Accepted: 11.10.2019

Дата публикации / Published: 28.10.2019

ПРАКТИЧЕСКОМУ ЗДРАВООХРАНЕНИЮDOI: <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-10-887-891>

УДК 542.74:546.49:613.6

© Коллектив авторов, 2019

Моисеева Е.В., Потапова И.А.

Атомно-абсорбционное определение ртути в моче методом холодного пара с использованием ртутно-гидридной приставки

ФБУН «Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора, ул. Семашко, 20, Нижний Новгород, Россия, 603950

Ртуть — один из самых распространенных в различных отраслях промышленности и при этом опасных химических веществ. Она способна депонироваться в организме и оказывать токсическое действие в течение длительного времени после прекращения контакта. Под влиянием ртути у работников могут развиваться различные интоксикации, в результате которых возможны патологические изменения нервной, сердечно-сосудистой, эндокринной, иммунной и репродуктивной систем. В условиях производства ртуть проникает в организм, как правило, в виде паров (всасывается около 80%) и взвешенных частиц. Неорганические формы ртути выводятся в основном с мочой (60%). Тем не менее, в настоящее время недостаточно внимания уделяется проблеме определения содержания ртути в образцах мочи. На сегодняшний день в мировой практике не существует системного подхода к определению малых доз ртути в организме, в результате чего затрудняется своевременное выявление нарушений здоровья населения. Во многом это объясняется отсутствием высокочувствительных и высокоэффективных методов анализа, позволяющих проводить рутинные измерения с минимальными затратами и высокой точностью. Используемые в настоящее время методы либо достаточно дороги, либо обладают низкой точностью/чувствительностью.

Цель исследования — разработка методики атомно-абсорбционного определения ртути в моче методом холодного пара, которая бы позволила при минимальных затратах повысить точность и чувствительность выявления ртути в организме. Количественное измерение ртути в пробах мочи осуществлялось на атомно-абсорбционном спектрометре с ртутно-гидридной приставкой с использованием модельных растворов разной концентрации.

В ходе исследования определены оптимальные условия пробоподготовки образцов мочи, установлен диапазон концентраций для построения градуировочного графика, изучено влияние матрицы на точность анализа методом «введено-найдено». Нижний предел обнаружения разработанной методики составил 0,05 мкг/л, верхний предел — 100 мкг/л (при необходимости может быть повышен путем дополнительного разбавления). Относительная погрешность определения в зависимости от концентрации варьировалась от 3 до 15%.

Разработан высокочувствительный, доступный в исполнении и сравнительно недорогой метод определения ртути в моче, который позволит с высокой точностью диагностировать фоновые содержания ртути в моче, что особенно важно при обследовании работников производств, связанных с использованием ртути и ее соединений, а также населения, проживающего в близких к данным производствам районах.

Ключевые слова: элементный анализ; ртуть; моча; атомно-абсорбционная спектроскопия; ртутно-гидридная приставка; метод холодного пара

Для цитирования: Моисеева Е.В., Потапова И.А. Атомно-абсорбционное определение ртути в моче методом холодного пара с использованием ртутно-гидридной приставки. *Мед. труда и пром. экол.* 2019; 59 (10). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-10-887-891>

Для корреспонденции: Моисеева Евгения Витальевна, науч. сотр. отдела гигиены ФБУН ННИИГП Роспотребнадзора. E-mail: PIA@nniigr.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Evgenia V. Moiseeva, Irina A. Potapova

Atomic absorption determination of mercury in urine by cold steam method using mercury-hydride prefix

Nizhny Novgorod research institute for hygiene and occupational pathology, Rospotrebnadzor, Semashko Str., 20, Nizhny Novgorod, Russia, 603950

Mercury is one of the most common in various industries and at the same time dangerous chemicals. It is able to be deposited in the body and have a toxic effect for a long time after the cessation of contact. Under the influence of mercury, workers can develop various intoxications, as a result of which pathological changes in the nervous, cardiovascular, endocrine, immune and reproductive systems are possible.

Under production conditions, mercury enters the body, usually in the form of vapors (absorbed about 80%) and suspended particles. Inorganic forms of mercury are excreted mainly in the urine (60%). However, insufficient attention is currently being paid to the problem of determining the mercury content in urine samples. To date, in world practice there is no systematic approach to the determination of small doses of mercury in the body, as a result of which it is difficult to timely identify

public health disorders. This is largely due to the lack of highly sensitive and highly effective methods of analysis, allowing routine measurements with minimal cost and high accuracy. The methods currently used are either quite expensive or have low accuracy/sensitivity.

The aim of the study was to develop a method of atomic absorption determination of mercury in urine by cold steam, which would allow at minimal cost to increase the accuracy and sensitivity of mercury detection in the body.

Materials and methods. Quantitative measurement of mercury in urine samples was carried out on an atomic absorption spectrometer with a mercury-hydride prefix using model solutions of different concentrations.

Results. The study determined the optimal conditions for sample preparation of urine samples, set the range of concentrations for the construction of the calibration schedule, studied the effect of the matrix on the accuracy of the analysis by the "introduced-found" method. The lower limit of detection of the developed technique was 0.05 mcg/l, the upper limit—100 mcg/l (if necessary, it can be increased by additional dilution). The relative error of determination depending on the concentration varied from 3 to 15%.

Conclusions. A highly sensitive, affordable and relatively inexpensive method for the determination of mercury in urine has been developed, which will allow to diagnose with high accuracy the background contents of mercury in urine, which is especially important when inspecting workers of industries associated with the use of mercury and its compounds, as well as the population living in areas close to these industries.

Key words: *elemental analysis; mercury; urine; atomic absorption spectroscopy; mercury-hydride prefix; cold steam method*

For citation: Moiseeva E.V., Potapova I.A. Atomic absorption determination of mercury in urine by cold steam method using mercury-hydride prefix. *Med. truda i prom. ekol.* 2019; 59 (10). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-10-887-891>

For correspondence: Evgeniya V. Moiseeva, research assistant of Hygiene Department of the Central Research Institute of Hygiene of Rospotrebnadzor. E-mail: PIA@nniigp.ru

Funding: The study had no funding.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

Введение. Одним из наиболее распространенных факторов, обуславливающих развитие профессиональных и сопутствующих заболеваний, является химический. При этом необязательно речь идет о химической промышленности. Ртуть, являющаяся одним из самых токсичных и глобальных загрязнителей, находит широкое применение в процессе промышленной добычи ртути и переработки руды, в производстве хлора и каустической соды методом ртутного электролиза, энергетической отрасли, производстве измерительных приборов и люминесцентных ламп, производстве медицинских препаратов, косметических масел [1]. Ни один из элементов, относящихся к первому классу опасности, не имеет столь широкого применения, такой повсеместной доступности и критического уровня накопления в различных объектах, в том числе биологических.

Данный металл проявляет высокую токсичность, является кумулятивным ядом и попадает в организм ингаляционным, пероральным и трансдермальным путями. У человека высокое содержание ртути в мозговой ткани было обнаружено спустя 10 лет после прекращения контакта с ней [1]. Кроме того, имеются данные о постконтактном действии ртути на организм работающего: даже в отдаленном периоде после прекращения контакта с токсикантом изменения в состоянии периферических нервов и центральных проводящих структур не только не носят обратимого характера, но еще более усугубляются [2]. Из этого следует, что за больными хронической ртутной интоксикацией требуется постоянное динамическое наблюдение даже после прекращения ими производственного контакта с данным металлом [3].

Воздействие ртути на организм сопровождается глубокими токсическими эффектами на клеточном и органном уровне. В результате возможны патологические изменения нервной, сердечно-сосудистой, эндокринной, иммунной систем, репродуктивные и эмбриональные расстройства.

Установлено, что в организме человека ртуть распределяется по всем органам и тканям, подобно Cd^{2+} , Ni^{2+} , Cr^{2+} , ионы Hg^{2+} индуцируют генерацию свободных радикалов, повреждающих ДНК, что сказывается на наследственности человека. Максимальная концентрация ртути отмечается в почках и составляет 2,7 мкг/г. В других тканях эта концентрация ниже и равна 0,05–0,3 мкг/г. Из организма ртуть в основном выводится с мочой [4]. Период полувыведения

металлической ртути у человека составляет 70 дней, органической — до 80 дней (в некоторых источниках — до 200 суток [1]), паров — 50 дней. Токсическая доза для человека — 0,4 мг; летальная доза — 150–300 мг [5–7]. Депонированная ртуть в течение длительного времени после прекращения контакта способна поступать в кровь и может служить причиной интоксикации [8]. Порог токсичности поступления ртути в организм человека равен 50 мкг/день [9,10]. В России закономерности накопления и распределения ртути в живых организмах, включая человека, изучены недостаточно. Отсутствие в мировой практике системного подхода к определению воздействия малых доз ртути, стандартизации клинических изменений затрудняет своевременное выявление нарушений здоровья населения, проведение профилактических мероприятий [11].

Поскольку неорганическая и элементарная ртуть по большей части выводится с мочой (до 60%), то представляло интерес констатировать отравление этим металлом по содержанию его в моче (допустимое содержание ртути в моче составляет 0–10 мкг/л). Это наиболее простой и точный способ диагностики, не травмирующий пациента. Он может быть применен сразу после предполагаемого отравления, так как пробу мочи можно заморозить и впоследствии доставить в лабораторию.

Для определения ртути в биосредах необходимы высокочувствительные, высокоэффективные методы анализа, обладающие достаточной точностью определения. К таким методам, в первую очередь, относятся масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой [12], атомно-абсорбционная спектрометрия с термической атомизацией пробы и в варианте абсорбции холодных паров ртути с использованием специальных ртутно-гидридных приставок (РГП) к атомно-адсорбционным спектрометрам или в ртутных анализаторах [13,14].

При количественном определении ртути методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС) возникают некоторые трудности, обусловленные физико-химическими свойствами элемента: ртуть обладает очень высоким электрическим потенциалом –10,44 эВ, что при масс-спектрометрическом анализе существенно ограничивает эффективность ее ионизации в плазме и приводит к низкой чувствительности метода. Кроме того, существенное затруднение вызывает «эффект памяти». Данное

мешающее влияние объясняется плохой «смываемостью» так называемых остаточных количеств ртути на подающих путях масс спектрометра, распылительной камере и горелке, деталях интерфейса. При этом диапазон определяемых концентраций ртути в моче составляет 0,4–100 мкг/л при погрешности измерений 24% [12].

Атомно-абсорбционный метод с термической атомизацией предполагает подбор условий испарения и атомизации, а также подбор модификатора для устранения матричного эффекта [13]. В настоящее время существует аттестованная методика определения ртути в моче методом холодного пара, позволяющая проводить определение в диапазоне концентраций от 0,5 до 7 мкг/м³ [15]. Данная методика обладает достаточно низкой чувствительностью — 0,5 мкг/м³ и высокой погрешностью измерений — до 40%, что может быть критичным при проведении измерений на уровне фоновых значений.

Цель исследования — разработка методики атомно-абсорбционного определения ртути в моче методом холодного пара, которая бы позволила при минимальных затратах повысить точность и чувствительность определения ртути в организме.

Количественное определение ртути в пробах мочи осуществлялось на атомно-абсорбционном спектрометре с ртутно-гидридной приставкой, которая восстанавливает ртуть до атомарного состояния путем дозирования в анализируемый раствор 10% хлористого олова и отгонки паров элементарной ртути от матрицы пробы из реактора в кварцевую кювету при борботировании анализируемого раствора воздухом, что позволяет устранить влияние основы и достигнуть высокой селективности методики.

При разработке методики использовались следующие реактивы: соляная, азотная, серная кислоты особой чистоты; олово двуххлористое 2-водное химически чистое; бихромат калия химически чистый; вода дистиллированная (ГОСТ 6709); спирт амиловый (ТУ 6–09–3467–78); стандартный образец соли ртути с массовой концентрацией ртути 1,0 мг/см³ (ГСО 3497); воздух сжатый класса 7 (ГОСТ 17433–80).

В качестве вспомогательного оборудования применялась баня лабораторная шестиместная с рабочим диапазоном от температуры окружающей среды до 100 °С; дискретностью установки температуры 0,1 °С; точностью поддержания температуры при номинальном объеме жидкости ±0,2 °С.

Разработка методики определения, результаты исследования и их обсуждение. Подготовка посуды для проведения анализа. Для получения точных и достоверных результатов необходимо, чтобы инструментальный фоновый уровень был минимальным. В связи с этим особое внимание уделялось подготовке аналитической посуды, которая предварительно обрабатывалась хромовой смесью, ополаскивалась несколько раз дистиллированной водой, выдерживалась не менее 6 часов в растворе 1М азотной кислоты, а далее промывалась дистиллированной водой.

Следует отметить, что в посуде, впервые используемой для приготовления эталонов, малые концентрации градуировочных растворов ртути (менее 0,5 мкг/дм³) сохраняются не более одних суток. Уже через день наблюдается снижение величины аналитического сигнала (абсорбции) более чем на 50% (табл. 1). При предварительном выдерживании эталонных растворов в посуде их последующее приготовление в ней увеличивает срок стабильности малых концентраций до трех суток.

Экспериментально было установлено, что при многократном использовании для приготовления эталонов одной

и той же мерной посуды (не менее 2-х раз), предварительно ополоснутой дистиллированной водой, срок хранения эталонов увеличивается. Для концентраций менее 0,5 мкг/л до трех суток, от 0,5 до 1,0 мкг/л до четырех недель, от 5 до 10 мкг/л до двух месяцев.

Отбор проб. Пробы мочи в количестве 100 см³ отбираются в стерильные пластиковые контейнеры (могут храниться при температуре [–20 °С] сроком до 2 лет [12]).

Далее проводится их консервация с помощью концентрированной азотной кислоты: к 100 см³ пробы добавляется 0,65 см³ азотной кислоты, а в случае длительного хранения образца (> 6 часов), дополнительно добавляется еще 0,4 см³ 4%-ного раствора бихромата калия [16].

Пробоподготовка. Моча обладает сложным химическим составом: помимо тяжелых металлов в ней содержится большое количество органических веществ, которые оказывают влияние на результаты определения. Утвержденная методика [15] не подразумевает проведение предварительной пробоподготовки мочи и, как следствие, обладает низкими значениями точности и чувствительности. С целью повышения аналитических характеристик методики было решено проводить предварительное разрушение органической составляющей мочи путем кислотного разложения проб [16].

К 50 см³ пробы добавляется по 2,5 см³ концентрированных азотной и серной кислот, 5 см³ 4% бихромата калия. Полученный раствор помещается на водяную баню при комнатной температуре, нагревается до 90 °С и выдерживается в течение 1 часа, далее охлаждается и доводится до объема 100 см³ фоновым раствором — 0,02%-ным раствором бихромата калия в 0,1 М азотной кислоте.

Для предотвращения вспенивания и заброса пробы в газовый блок, к 10 см³ приготовленного раствора добавляется 0,1 см³ амилового спирта. Раствор помещается в реактор атомно-абсорбционного спектрометра с ртутно-гидридной приставкой и проводится анализ согласно руководству по программному обеспечению спектрометра. Количественное определение ртути в растворе проводится методом абсолютной градуировки.

Градуировка прибора. Градуировочная характеристика, выражающая зависимость величины аналитического сигнала от массовой концентрации ртути (мкг/дм³), устанавливается путем измерения величины абсорбции в стандартных растворах. Градуировочные растворы с концентрацией основного вещества 0,0; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 5,0; 10,0 мкг/дм³ готовятся на основе фоновых растворов из стандартного образца соли ртути. Для каждого анализируемого раствора проводится три параллельных измерения. По средним арифметическим значениям величины абсорбции в программном обеспечении прибора автоматически строится градуировочная зависимость в координатах: «концентрация ртути в градуировочном стандартном образце ($C_{\text{ст.обр.}}$), мкг/дм³» — «величина абсорбции (В), отн. ед.» (рисунок).

При сравнении величины аналитического сигнала в определении ртути в моче путем построения градуировочных зависимостей в представленном диапазоне (рис.) видно, что новая методика обладает значительно более высокой чувствительностью: величина аналитического сигнала выше в 2–2,5 раза [12]. Во многом это происходит благодаря предложенной модификации процедуры пробоподготовки.

Из процедуры анализа были исключены некоторые реактивы, благодаря чему фон холостой пробы снизился с 0,024 мкг/л до <0,0025 мкг/л, при этом чувствительность определения повысилась в 10 раз.

Контроль результатов измерений. Контроль правильности результатов анализа содержания ртути в пробах мочи

Таблица 1 / Table 1

Влияние длительности хранения эталонных растворов ртути в новой посуде на величину аналитического сигнала
The effect of the duration of storage of reference mercury solutions in a new dish on the value of the analytical signal

Приготовленная концен- трация ртути, мкг/дм ³	Аналитический сигнал при указанной длительности хранения, отн. ед.		Снижение величины ана- литического сигнала, %
	0 дней	1 день	
0,2	0,036	0,0151	58,0
0,5	0,091	0,0467	48,7
2,0	0,3636	0,2415	33,6
5,0	0,8705	0,6057	30,4
10,0	1,6654	1,3206	20,7

Таблица 2 / Table 2

Результаты измерения относительной погрешности методики методом «введено — найдено»
Results of measurement of the relative error of the method by the “introduced — found” method

Концентрация ртути в пробе мочи, мкг/л	Концентрация ртути в про- бе мочи с добавкой, мкг/л	Введено — найденно	Относительная погреш- ность измерений, %	Относительная погрешность из- мерений по МУК 4.1.1898–04, %
0,053	0,272	0,20/0,22	9,5	–
0,042	0,58	0,50/0,53	6	40
0,053	1,08	1,00/1,05	2,7	40
0,200	5,288	5,00/5,53	1,8	25
0,200	10,49	10,0/10,3	2,9	20

Таблица 3 / Table 3

Результаты измерений относительной погрешности методики методом стандартного образца
The results of measurements of the relative error of the method by the standard sample method

Аттестованное значе- ние, мкг/л	Найденное значение, мкг/л	Относительная погрешность измерений, %	
		По новой методике	По МУК 4.1.1898–04
0,1	0,087	13	–
0,2	0,179	10	–
0,5	0,512	2,4	40
1,0	0,935	6,5	40
2,0	1,812	9,4	40
5,0	4,680	6,4	25
10,0	10,139	1,4	20

проводился методом «введено-найденно» и методом стан-
дартного образца.

Контроль первым методом: пробу мочи делили на две
части, в одну из них вносили определенный объем раствора
стандартного образца с известной концентрацией. Далее про-
водился анализ согласно разработанной методике, результаты

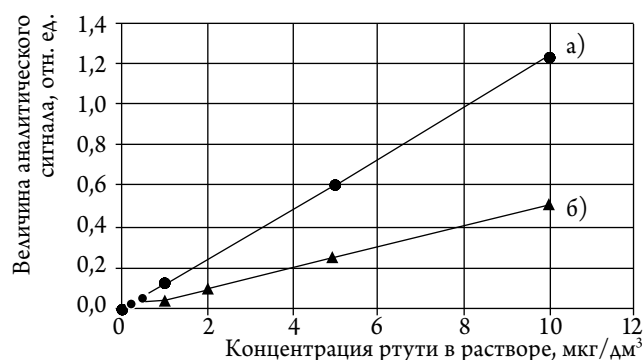


Рисунок. Градуировочная зависимость величины аналитического сигнала от концентрации ртути в растворе, построенная в соответствии с вновь разработанной (а) и утвержденной методикой (б)

Figure. Calibration dependence of the value of the analytical signal on the concentration of mercury in solution, constructed in accordance with the newly developed (a) and approved methodology (b)

определения сравнивались с расчетными концентрациями.
Полученные данные представлены в таблице 2, из которой
видно, что относительная погрешность разработанной ме-
тодики в несколько раз ниже по сравнению с существующей.

Методом стандартного образца путем проведения всех
аналитических процедур оценивалось содержание ртути
в растворах с аттестованным значением концентраций. По-
лученные результаты представлены в таблице 3, из которой
видно, что относительная погрешность определения разра-
ботанной методики гораздо ниже утвержденной.

Апробация методики. Разработанная методика бы-
ла апробирована на базе консультативной поликлиники
ФБУН «Нижегородский научно-исследовательский инсти-
тут гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора. В рам-
ках ежегодного медицинского профилактического осмотра
обследованы 58 человек, работников металлургического за-
вода г. Выкса Нижегородской области. Установлено, что у
всех обследованных уровень ртути в моче находится в диа-
пазоне допустимых концентраций (до 10 мкг/л). При этом
у 34,45% обследуемых концентрация ртути в моче состави-
ла <0,025 мкг/л (офисные работники); у 51,72 % — от 0,05
до 0,5 мкг/л (сортировщики-сдатчики металла, операторы
поста управления, начальники участков); у 10,34% — от
0,5 до 1,2 мкг/л (электросварщики, работники по зачистке
концов труб); у двух работников цеха антикоррозионного
покрытия содержание ртути в моче достигало 2,65 и 7,45

мкг/л, что, возможно, обусловлено попаданием ртути в организм из краски при несоблюдении мер безопасности.

Полученные результаты показывают, что более чем у половины обследуемых содержание ртути в моче находится в низком диапазоне концентраций, что невозможно выявить с достаточной степенью точности. Между тем выявление минимальных количеств ртути в моче является важным не только при обследовании рабочих контактировавших с ртутью, но и для людей, ранее контактировавших с ртутью, в отдаленном послеконтактном периоде с целью назначения адекватного комплекса лечебных мероприятий и, что очень важно, при диспансеризации беременных женщин и детей раннего возраста, проживающих в экологически неблагоприятных зонах.

Выводы:

1. Разработанная методика атомно-абсорбционного определения ртути в моче методом холодного пара обладает высокой чувствительностью и точностью (0,05–10 мкг/л при погрешности 3–15%, в зависимости от концентрации), и не требует серьезных финансовых затрат.

2. Предлагаемая методика позволит определять фоновые содержания ртути в моче, что очень важно при проведении рутинных анализов с целью своевременного выявления степени интоксикации у лиц, находящихся в контакте с ртутью и ее соединениями, при диспансеризации работников, ранее контактировавших с ртутью, а также населения, проживающего в экологически неблагоприятных регионах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трахтенберг И.М., Лубянова И.П. Ртуть и ее опасность — проблема давняя и новая. *Сучасні проблеми токсикології, харчової та хімічної безпеки*. 2016; 1: 13–23.
2. Русанова Д.В. и др. Состояние афферентных проводящих путей у рабочих, контактировавших со ртутью, и лиц с хронической ртутной интоксикацией. *Экология человека*. 2010; 06: 12–5.
3. Константинова Т.Н. и др. Современные подходы к классификации профессиональной интоксикации ртутью. *Экология человека*. 2009; 12: 22–7.
4. Шинетова Л.Е., Бекеева С.А. Современные представления о влиянии различных форм ртути на организм. *Вестник КазНМУ*. 2017; 1: 370–5.
5. Скальный А.В., Рудаков И.А. *Биоэлементы в медицине*. М.: Ониск 21 век, Мир; 2004.
6. Кудрин А.В., Громова О.А. *Микроэлементы в неврологии*. М.: ГЭОТАР-Медиа: Наука; 2006.
7. *Токсикологическая химия. Метаболизм и анализ токсикантов*. М.: ГОЭТАР-Медиа; 2008.
8. Хомик Л.И., Таловская В.С. Экспресс-определение ртути в биоматериалах человека. *ДМЖ*. 2002; 3: 75–7.
9. Шувалова О.П., Иванова Е.С., Комов В.Т. Влияние накопления ртути на состояние здоровья женщин репродуктивного возраста. *ЗНиСО*. 2018; 11(308): 36–9.
10. Краснопева И.Ю. Распространение ртути и ее соединений в окружающей среде и влияние на организм человека. *Сиб. мед. ж-л*. 2005; 1: 7–12.
11. Ильченко И.Н. Обзор исследований по оценке воздействия ртути на население в постсоветских странах с использованием данных биомониторинга человека. *Здравоохранение РФ*. 2015; 59(1): 48–53.
12. Уланова Т.С. и др. Методические и практические аспекты определения общей ртути в образцах цельной крови, мочи и волос методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой. *Анализ риска здоровью*. 2018; 2: 119–26.
13. Иваненко Н.Б. и др. Определение токсических и фоновых содержаний ртути в крови атомно-абсорбционным мето-

дом с электротермической атомизацией и зеемановской модулирующей поляризационной коррекцией фона. *Вестник СПбГУ*. 2010; Сер. 4.; вып. 4: 97–104.

14. Пупышев А.А. *Атомно-абсорбционный спектральный анализ*. М.: Техносфера; 2009.

15. Методические указания контроля «Атомно-абсорбционное измерение массовой концентрации ртути в моче» МУК 4.1.1896–4.1.1900–04. М.: Государственное санитарно-эпидемиологическое нормирование Российской Федерации; 2004.

16. «Методика измерения массовой концентрации ртути в питьевых, поверхностных и сточных водах методом беспламенной атомно-абсорбционной спектрометрии» ПНДФ 14.1:2:4.20–95. М.: Федеральная служба по надзору в сфере природопользования; 2011.

REFERENCES

1. Trahtenberg I.M., Lubyanova I.P. Mercury and its danger are an old and new problem. *Suchasni problemy toksykologii, xarchovoi ta khimichnoi bezpeky*. 2016; 1: 13–23.
2. Rusanova D. V. et al. Condition of afferent pathways in workers exposed to mercury and persons with chronic mercury intoxication. *Ekologiya cheloveka*. 2010; 06: 12–5 (in Russian).
3. Konstantinova T.N. et al. Modern approaches to the classification of occupational mercury intoxication. *Ekologiya cheloveka*. 2009; 12: 22–7 (in Russian).
4. Shinetova L.E., Bekeeva S.A. Modern ideas about the effects of various forms of mercury on the body. *Vestnik KazNMU*. 2017; 1: 370–5 (in Russian).
5. Skal'nyj A.V., Rudakov I.A. *Bioelements in medicine*. М.: Oniks 21 vek, Mir; 2004 (in Russian).
6. Kudrin A.V., Gromova O.A. *Trace elements in neurology*. М.: GEOTAR-Media: Nauka; 2006 (in Russian).
7. *Toxicological chemistry. Metabolism and analysis of toxicants*. М.: GOETAR-Media; 2008 (in Russian).
8. Homik L.I. et al. Rapid determination of mercury in human biomaterials. *Dal'nevostochnyj medicinskij zhurnal*. 2002; 3: 75–7 (in Russian).
9. Shuvalova O.P., Ivanova E.S., Komov V.T. Impact of mercury accumulation on the health status of women of reproductive age. *ZNiSO*. 2018; 11(308): 36–9 (in Russian).
10. Krasnopeeva I.Yu. Distribution of mercury and its compounds in the environment and the impact on the human body. *Sibirskij medicinskij zhurnal*. 2005; 1: 7–12 (in Russian).
11. Il'chenko I.N. Review of studies assessing human exposure to mercury in post-Soviet countries using human biomonitoring data. *Zdravoohranenie RF*. 2015; 59(1): 48–53 (in Russian).
12. Ulanova T.S., Stenno E.V., Vejzman G.A., Nedoshitova A.V. Methodical and practical aspects of determining total mercury in samples of whole blood, urine and hair by inductively coupled plasma mass spectrometry. *Analiz riska zdorov'yu*. 2018; 2: 119–26 (in Russian).
13. Ivanenko N.B. et al. Determination of toxic and background mercury levels in blood by atomic absorption with electrothermal atomization and Zeeman modulation by polarization background correction. *Vestnik SPbGU*. 2010; 4(4): 97–104 (in Russian).
14. Pupyshv A.A. *Atomic absorption spectral analysis*. М.: Tekhnosfera; 2009 (in Russian).
15. Metodicheskie ukazaniya kontrolya «Atomic absorption measurement of mercury mass concentration in urine» МУК 4.1.1896–4.1.1900–04. М.: Gosudarstvennoe sanitarno-epidemiologicheskoe normirovanie Rossijskoj Federacii; 2004 (in Russian).
16. «Methods for measuring the mass concentration of mercury in drinking, surface and waste waters using flameless atomic absorption spectrometry» PNDF 14.1:2:4.20–95. М.: Federal'naya sluzhba po nadzoru v sfere prirodopol'zovaniya; 2011.

Дата поступления / Received: 03.07.2019

Дата принятия к печати / Accepted: 11.10.2019

Дата публикации / Published: 28.10.2019

Здоровьесберегающие технологии как профилактика профессионального риска эмоционального выгорания у работников умственного труда

¹ФБУН «Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора, ул. Семашко, 20, Нижний Новгород, Россия, 603950;

²Автономная некоммерческая организация высшего образования Московский гуманитарно-экономический университет Нижегородский институт (филиал), Сормовское шоссе, 20, Нижний Новгород, Россия, 603074

Во многих странах синдром профессионального выгорания, обусловленный стрессом на работе, признается профессионально обусловленным заболеванием. Большое значение для его профилактики имеет внедрение здоровьесберегающих технологий.

Цель исследований — на примере 2 групп типичных представителей с интеллектуальным типом профессиональной деятельности оценить состояние их психоэмоциональной сферы, адекватность методического комплекса, использованного для психодиагностики, и эффективность проектов кратковременной психологической помощи средствами социально-адаптирующих и личностно-развивающих технологий.

В исследовании, состоящем из трех этапов, принимали добровольное участие две группы испытуемых: 13 методистов ВУЗа и 20 менеджеров торговой фирмы. Первый этап исследования заключался в начальной психодиагностике показателей эмоциональной сферы и функционального состояния испытуемых. Для каждой группы были разработаны разные варианты психодиагностического инструментария. Второй этап заключался в разработке и апробации проектов кратковременной психологической помощи работникам. На третьем этапе проведен анализ показателей эмоциональной сферы у испытуемых до и после участия в проектах. Результаты исследования обрабатывались с использованием обычных приемов вариационной статистики по программе Statistica 12.0.

Начальная психодиагностика изучаемых показателей испытуемых показала признаки профессионального выгорания. У методистов это проявлялось выраженной степенью индекса хронического утомления, снижением работоспособности, умеренной степенью умственного и физического утомления, дезадаптацией в стрессе. У менеджеров также диагностирован высокий риск дезадаптации в стрессе, низкие величины показателей функционального состояния. В ходе участия в проектах психопомощи у испытуемых обеих групп наблюдалась позитивная динамика показателей эмоциональной сферы. Полученные данные позволяют рекомендовать данные проекты программ здоровьесбережения для практического использования.

Апробированный комплекс психодиагностических тестов позволяет выявить признаки профессионального выгорания и оценить эффективность программ психопомощи. Для профилактики синдрома выгорания и формирования стрессоустойчивости целесообразно создание культуры здоровьесбережения на каждом рабочем месте.

Ключевые слова: умственный труд; профессиональный риск; синдром выгорания; здоровьесберегающие технологии

Для цитирования: Васильева Т.Н., Федотова И.В., Лебедева М.А., Червячкова О.А. Здоровьесберегающие технологии как профилактика профессионального риска эмоционального выгорания у работников умственного труда. *Мед. труда и пром. экол.* 2019; 59 (10). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-10-892-898>

Для корреспонденции: Васильева Татьяна Николаевна, науч. сотр. отдела гигиены ФБУН ННИИГП Роспотребнадзора, канд. биол. наук. E-mail: tatiana.vasilvas@yandex.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Tatiana N. Vasilyeva¹, Irina V. Fedotova¹, Margarita A. Lebedeva², Olga A. Chervyachkova²

Health-saving technologies as prevention of occupational risk of emotional burnout in mental workers

¹Nizhny Novgorod research institute for hygiene and occupational pathology, Rospotrebnadzor, 20, Semashko Str., Nizhny Novgorod, Russia, 603950;

²Autonomous non-profit organization of higher education Moscow Humanitarian Economic University Nizhny Novgorod Institution (branch), 20, Sormovskoe highway, Nizhny Novgorod, Russia, 603074

In many countries, burnout due to stress at work is recognized as a professionally related disease. Of great importance for its prevention is the introduction of health-saving technologies.

The aim of the research was to assess the state of their psycho-emotional sphere, the adequacy of the methodological complex used for psychodiagnostics, and the effectiveness of short-term psychological assistance projects by means of social-adapting and personal-developing technologies on the example of 2 groups of typical representatives with intellectual type of professional activity.

In the study, consisting of three stages, two groups of subjects took voluntary part: 13 methodologists of the University and 20 managers of a trading firm. The first stage of the study consisted in the initial psychodiagnostics of indicators of the emotional sphere and functional state of the subjects. Different versions of psychodiagnostic tools were developed for each group. The second stage consisted in development and approbation of projects of short-term psychological help to workers. At the third stage the analysis of indicators of emotional sphere at subjects before and after participation in projects is carried out. The results of the study were processed using the usual methods of variational statistics according to the program Statistica 12.0. Initial psychodiagnostics of the studied parameters of the subjects showed signs of professional burnout. In Methodists, this was manifested by a pronounced degree of chronic fatigue index, a decrease in efficiency, a moderate degree of mental and physical fatigue, maladaptation in stress. Managers are also diagnosed with a high risk of maladjustment in stress, low values of indicators of functional state. In the course of participation in psychopath projects, the subjects of both groups showed positive dynamics of indicators of the emotional sphere.

The obtained data allow to recommend these projects of health saving programs for practical use. The tested complex of psychodiagnostic tests allows to reveal signs of professional burnout and to estimate efficiency of programs of psychopathology. For the prevention of burnout syndrome and the formation of stress resistance, it is advisable to create a culture of health conservation at each workplace.

Keywords: *mental work; occupational risk; burnout syndrome; health-saving technologies*

For citation: Vasilyeva T.N., Fedotova I.V., Lebedeva M.A., Chervyachkova O.A. Health-saving technologies as prevention of occupational risk of emotional burnout in mental workers. *Med. truda i prom. ecol.* 2019; 59 (10). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-10-892-898>

For correspondence: Tatyana N. Vasilyeva, research assistant of hygiene department of the Central Research Institute of Hygiene, PhD. Cand. of sci. (Biol.). E-mail: tatiana.vasilvas@yandex.ru

Funding: The study had no funding.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

В последнее время проблемы профилактики негативного влияния рабочих стресс-факторов на здоровье и сохранение профессионального долголетия широко обсуждаются в отечественной и зарубежной литературе [1]. Профессиональный риск работников умственного труда складывается из ряда составляющих: психоэмоциональных факторов рабочей среды, информационных перегрузок, нерациональной организации трудового процесса, приводящих к развитию синдрома эмоционального выгорания [2–5]. Главной проблемой ослабления здоровья работника интеллектуального труда и ведущей причиной нарушения трудоспособности считают депрессию и выраженный гиподинамию, к которой приводит длительная работа «сидя» [6, 7]. Психосоциальные факторы, стресс и психическое истощение эксперты ВОЗ и МОТ обозначают новыми факторами трудового процесса.

В качестве меры для борьбы с влиянием негативных факторов напряженного труда предлагаются различные программы по здоровьесбережению. В качестве примера можно привести пятишаговую модель оказания психопомощи представителям сферы обслуживания при эмоциональном выгорании [8]. Этapaми этой модели являются психодиагностика состояния эмоционального выгорания (1 шаг); вычленение фабулы субдепрессии как главной мишени (2 шаг); выделение и оценка дефицитов личности (3 шаг); описание личностных потенциалов и ресурсов человека (4 шаг); подбор форм оказания психопомощи адекватных профессиональным группам (5 шаг). Предлагается максимально использовать потенциал корпоративной культуры (дни отдыха на природе, спортивные мероприятия и т. д.) [9], провозглашая, что «здоровьесбережение» должно стать личным кредо каждого сотрудника престижной организации.

Для профилактики негативного влияния психоэмоциональных перегрузок на здоровье работников и с целью реабилитации его последствий предлагается создать медицинскую сеть служб, которые будут обеспечивать контролируемую психотерапию, адекватное питание, физические упражнения, физиотерапевтические процедуры, массаж, занятия йогой и т. п. [3].

Оценка эффективности программ укрепления здоровья на рабочем месте позволила выявить ключевые элементы,

способствующие формированию культуры здоровья, которыми являются поддержка руководства, семьи и заинтересованность сотрудников [10]. Важной составляющей здоровьесберегающих технологий (ЗТ) считается борьба с гиподинамией. Сокращение времени нахождения работников в позе «сидя» исследователи добивались с помощью использования велотренажеров в офисе, рекомендаций по повышению физической активности. Эффективность данных программ доказана как объективными показателями — снижение риска развития метаболического синдрома, уменьшение веса и снижение процента жира, понижение диастолического артериального давления и повышение производительности труда; так и субъективным — смягчение ощущения дискомфорта [11].

Среди активно обсуждаемых моделей реализации ЗТ особое место занимают социально-адаптирующие и личностно-развивающие технологии (САЛРТ), цель которых заключается в формировании и укреплении психологического здоровья, повышении ресурсов психологической адаптации личности. САЛРТ может проводиться в форме социально-психологических тренингов, семинаров, мини-лекций, групповых и индивидуальных консультаций [11–13].

Цель исследований — на примере 2 групп типичных представителей с интеллектуальным типом профессиональной деятельности оценить состояние их психоэмоциональной сферы, адекватность методического комплекса, использованного для психодиагностики, и эффективность проектов кратковременной психологической помощи средствами САЛРТ.

В исследовании, выполненном по запросу администрации организаций с ноября 2018 г. по март 2019 г., приняли добровольное участие 2 группы работников умственного труда. Первая группа состояла из 13 методистов ВУЗа, находящихся в процессе его аттестации и государственной аккредитации, в возрасте от 22 лет до 56 ($33,4 \pm 3,02$), со стажем работы от 2 до 35 лет ($11,9 \pm 2,8$). Вторая группа — 20 менеджеров крупной торговой компании с иностранным представительством в возрасте от 20 до 29 лет ($22,4 \pm 0,73$), со стажем работы от 1 года до 5 лет ($1,95 \pm 0,3$).

Исследование состояло из 3 этапов: констатирующего, формирующего и контрольного. Целью констатирующе-

го этапа было изучение и оценка эмоциональной сферы и функционального состояния работников обеих групп. Были использованы тесты, позволяющие выявить предикты синдрома выгорания [5,13]. Для каждой группы были выбраны различные варианты психодиагностического инструментария с учетом особенностей профессиональной деятельности испытуемых, а также для оценки адекватности выбранных наборов тестов.

В психодиагностический комплекс, для испытуемых 1 группы, входили опросники: «Степень хронического утомления» (определение индекса хронического утомления — ИХРУ); «Дифференцированная оценка работоспособности» (индексы — «Утомления» — ИУ, «Монотонии» — ИМ, «Пресыщения» — ИП и «Стресса» — ИС); «Оценка острого умственного утомления» (индекс умственного утомления — ИУУ); «Оценка острого физического утомления» (индекс физического утомления — ИФУ); «Профессиональное выгорание» (оценка субшкал: «Эмоциональное истощение» — ЭИ, «Деперсонализация/цинизм» — ДП, «Профессиональная успешность/редукция профессиональных достижений» — ПУ/РПД) и сравнением величины интегрального показателя выгорания (ИПВ) с тестовыми нормами; «Прогноз» (оценка нервно-психической устойчивости и риска дезадаптации в стрессе — НПУ);

Психодиагностический инструментарий оценки показателей эмоциональной сферы испытуемых второй группы включал: методику «Самочувствие-Активность-Настроение» (САН — дифференцированная самооценка функционального состояния); опросник «Прогноз»; методику «Индикатор копинг-стратегий» (диагностика базисных копинг-стратегий преодоления стресс-ситуаций с оценкой шкал — «Разрешение проблем», «Поиск социальной поддержки» и «Избегание проблем»).

Формирующий этап был направлен на разработку и апробацию проектов кратковременной помощи, направленных на профилактику профессионального выгорания и формирование стрессоустойчивости. Оба проекта средствами САЛРТ разработаны на основе тренинга личностного роста с элементами гештальтподхода и психодрамы.

На контрольном этапе была проведена повторная психодиагностика и дана оценка эффективности разработанных программ и адекватности использованных наборов тестов.

Результаты исследования обрабатывались с использованием обычных приемов вариационной статистики по программе Statistica 12.0.

Содержанием работы методиста образовательной сферы является внедрение и мониторинг государственных образовательных программ, их методическое сопровождение, контроль лицензионных и аккредитационных показателей; мониторинг и анализ результатов обучения, диагностика и экспертиза методической деятельности преподавателей ВУЗа и др. Насыщенность рабочего дня творческими и практическими действиями, широкая сеть контактов, активное использование компьютерных технологий является причиной повышенного риска профессионального выгорания в этой группе [14]. В период проведения исследования специалисты группы активно занимались подготовкой учебно-методических документов к аккредитации учреждения. Анализ хронометражных и профессиографических исследований показал, что условия труда методистов по напряженности трудового процесса относятся к классу 3.1 (по интеллектуальным и сенсорным нагрузкам).

Риск профессионального выгорания менеджеров обусловлен конкуренцией, частым отсутствием положительного результата, эмоциональной неустойчивостью, использованием в стресс-ситуациях стратегии ухода от проблем [5]. В круг их обязанностей в период исследования входили поиск контактов с потенциальными покупателями (работа со справочниками, адресными книгами, визиты, телефонные звонки); организация рекламы, презентаций, переговоров с клиентами; заключение договоров (купли-продажи, поставок); обновление информационных баз о покупателях. Напряженность трудового процесса менеджеров отнесена к классу 3.2 (по сенсорным и эмоциональным нагрузкам).

1-й этап исследования. Начальная психодиагностика показателей функционального состояния и эмоциональной сферы методистов выявила выраженную степень хрониче-

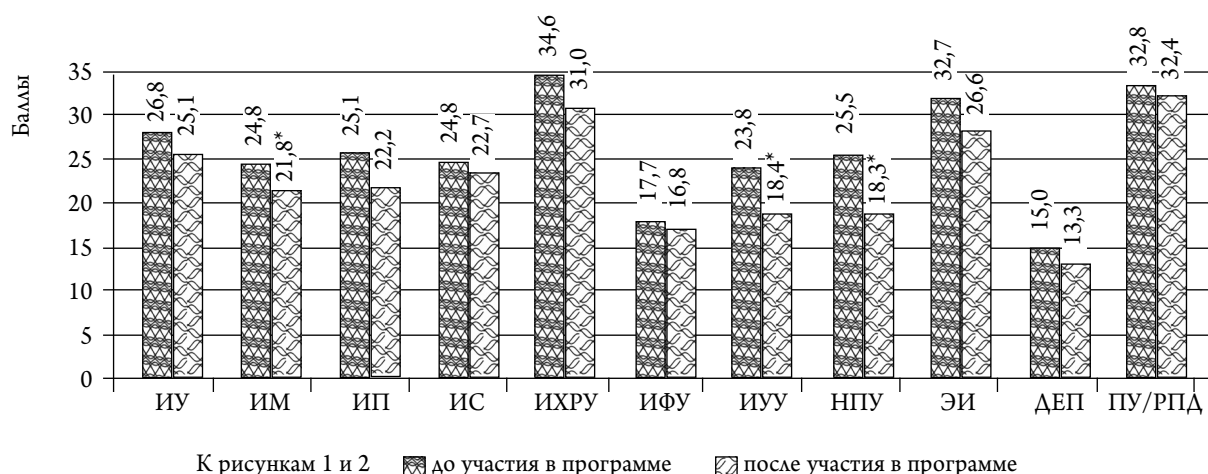


Рис. 1. Показатели эмоциональной сферы и функционального состояния методистов до и после участия в проекте психологической помощи средствами САЛРТ

Fig. 1. Indicators of emotional sphere and functional state of university research specialists before and after participation in the project of psychological counselling by means SALRT tools

Примечание: * — здесь и далее — различия достоверны

Note: * — here and further — the difference is significant

ского утомления — ИХРУ в диапазоне баллов от 26 до 37 баллов (рисунок 1).

Отличительной чертой хронического утомления является его длительное «подспудное» накопление, которое проявляется чаще всего только в различных субъективных жалобах и недомоганиях. Уже на ранних стадиях своего развития хроническое утомление существенно снижает работоспособность человека, а в крайней — к полному срыву деятельности и проблемам со здоровьем [13]. В данном исследовании выраженная степень ИХРУ подтверждается низкими показателями работоспособности (тестовые значения ИУ, ИМ, ИП и ИС в диапазоне баллов от 26 до 31) и острого утомления (ИУУ— 16–28 и ИФУ — 18–25 баллов).

Оценка степени умственного утомления, развивающегося на протяжении одного рабочего дня, особенно важна для работников, профессиональная деятельность которых связана с обработкой информационных потоков, что характерно для 1 группы испытуемых. Снижение НПУ до величин значительно ниже средних (23–28 баллов) можно считать отражением дезадаптации в стрессе, наблюдающейся в критических условиях под воздействием внешних и внутренних стресс-факторов.

Обращают внимание очень высокие уровни субшкал «Эмоциональное истощение» (ЭИ — больше 34 баллов, шкальная оценка — 5 баллов) и «Деперсонализация/цинизм» (ДП — больше 14 баллов, шкальная оценка — 5 баллов). ЭИ ощущается как чувство опустошенности и бессилия; деперсонализация работника проявляется по отношению к коллегам и клиентам черствостью, бессердечностью, цинизмом и грубостью. Показатель «Профессиональная успешность/редукция профессиональных достижений» (ПУ/РПД — 35–28, шкальная оценка — 2 балла) не превышает среднего уровня. Таким образом, полученный из сложения шкальных оценок ИПВ, равный 12 баллам, свидетельствует о высокой степени профессионального выгорания в этой группе.

Анализ нервно-психической устойчивости испытуемых 2 группы выявил высокий риск дезадаптации в стрессе — значение НПУ в 2 раза превышает средний уровень (14–17 баллов). В связи с тем, что нервно-психическая неустойчивость отражает психическое и соматическое здоровье человека, ей придается особое значение при диагностике эмоционального состояния. НПУ

является показателем риска дезадаптации личности в условиях функционирования эмоционального отражения в критических условиях, вызываемых стресс-факторами (рисунок 2).

Обнаружены низкие величины показателей самооценки функционального состояния (САН — средний балл равен 4). Эти данные свидетельствуют о том, что удерживать работоспособность на адекватном уровне конкурентоспособный человек вынужден за счет волевого усилия и мотивации, что может обернуться проблемами со здоровьем. Низкие уровни шкал — «Разрешение проблем» (17–21 балла) и «Поиск социальной поддержки» (14–18), высокий — «Избегание проблем» (>27) свидетельствуют о том, что менеджеры прибегают к стратегиям пассивности — осторожным действиям, уходу от разрешения проблем. Это можно расценивать как компенсаторный механизм преодоления внутреннего (душевного) дискомфорта и негативизма по отношению к окружающему у «неуспешных» менеджеров [5].

Начальная психодиагностика показателей функционального состояния и эмоциональной сферы испытуемых по сравнению с тестовыми нормами продемонстрировала наличие признаков эмоционального выгорания в обеих группах [3–5,13]. Отечественные исследователи подчеркивают, что диагностика психоэмоционального состояния сотрудников на ранней стадии синдрома выгорания необходима для формирования мероприятий для понижения и вероятно полной ликвидации его признаков, что является немаловажной составляющей сохранения психического здоровья и работоспособности человека [5,13]. Полученные нами результаты доказывают необходимость психологического сопровождения специалистов обеих групп для сохранения их здоровья.

2-й этап исследования. На 2-м этапе исследования были разработаны проекты кратковременной психологической помощи, нацеленных на профилактику профессионального выгорания и формирование стрессоустойчивости. Задачами тренинга являются обучение испытуемых переоценке актуальных (значимых) в данный момент потребностей и техник преодоления стрессовых ситуаций (гештальт-терапия); набору новых поведенческих ролей с масками, действиями, сценариями, результатами действий (психодрама). Базовый тренинг состоял из 7 занятий, длительностью каждого из них 12 часов.

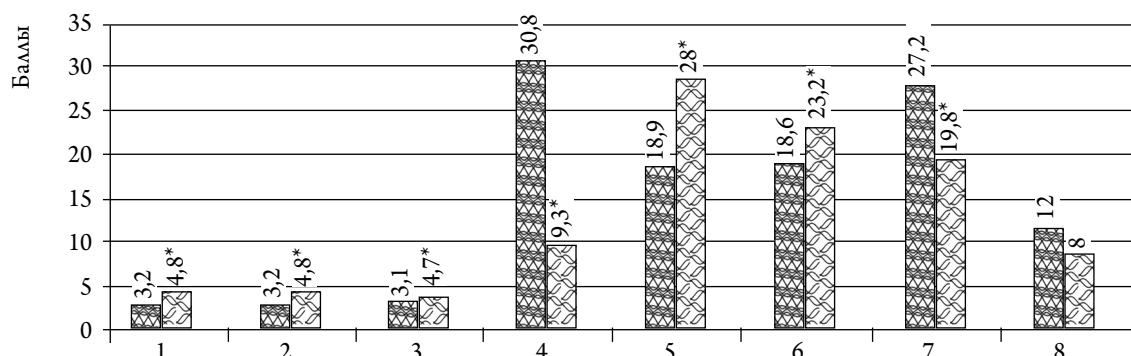


Рис. 2. Показатели эмоциональной сферы и функционального состояния менеджеров до и после участия в проекте психологической помощи средствами СААРТ

Fig. 2. Indicators of emotional sphere and functional state of managers before and after participation in the project of psychological counselling by means of SALRT tools

Примечания: 1 — «Самочувствие»; 2 — «Активность»; 3 — «Настроение»; 4 — НПУ; 5 — «Разрешение проблем»; 6 — «Поиск социальной поддержки»; 7 — «Избегание проблем»; 8 — ИПВ

Notes: 1 — “Well-being”; 2 — “Activity”; 3 — “Mood”; 4 — NMS; 5 — “Resolution of problems”; 6 — “Search for social support”; 7 — “Avoidance behaviour”; 8 — PBI

Для 1 группы испытуемых был разработан проект, который состоял из трех блоков. В ходе информационного блока (мини-лекций) методистам разъяснялось понятие «профессиональное здоровье», приводились примеры стратегий поведения в конфликтных ситуациях, средств психокоррекции стрессоустойчивости с помощью техник психодрамы и гештальт-упражнений, методов психологической самопомощи и др. Тренинговый блок (7 групповых консультаций) решал ряд задач: 1) создать у методистов ощущение доверия и психологического комфорта; 2) изучить теоретические основы делового общения; 3) повысить коммуникативную компетентность; 4) овладеть методами психологической самопомощи, навыками саморегуляции и релаксации; 5) расширить спектр используемых способов конструктивного поведения в конфликтных ситуациях; 6) овладеть техниками СААПТ — арт-терапией, гештальт-терапией, психодрамой; 7) закрепить навыки стрессоустойчивости.

Тематика тренингового блока для методистов включала: «Профессиональное здоровье»; «Деловая коммуникация и профилактика стресс-ситуаций»; «Стратегии поведения в конфликтных ситуациях»; «Стресс-факторы в работе современного специалиста»; «Профессиональное выгорание и стрессоустойчивость»; «Методы психологической самопомощи»; «Социально-адаптирующие и личностно-развивающие технологии». По запросам испытуемых проводился блок индивидуального психологического консультирования.

Информационный блок проекта психологической помощи испытуемым 2 группы включал темы: «Стрессы в нашей жизни: обыденные, профессиональные, личностные и ...»; «Влияние стрессов на наше здоровье: позитив и негатив»; «Стрессоустойчивость — качество успешного специалиста»; «Методы и техники профилактики стрессов»; «Преодоление стрессов и варианты копинг-стратегий»; «Формирование стрессоустойчивости средствами СААПТ».

Занятия тренингового блока были направлены на решение задач: овладеть навыками конструктивного преодоления конфликтных ситуаций; расширить спектр копинг-стратегий; овладеть техниками саморегуляции эмоциональных состояний (гештальттерапия, психодрама), снятия мышечного напряжения и усталости средствами СААПТ. Менеджерам была предложена следующая тематика тренингового блока: «Стресс конкуренции в профессиональной жизни менеджера», «Здоровье как персональная ценность», «Агрессивные и уверенные модели общения», «Эмоциональная устойчивость — показатель профессионализма», «Лучшие копинг-стратегии в стрессовых ситуациях», «Техники преодоления стресса», «Самопомощь при стрессе». После проведения тренингового блока по личным запросам участников тренинга выполнялись индивидуальные психологические консультации.

3-й этап исследования. Участники проектов программ психопомощи прошли повторную психодиагностику, которая позволила обнаружить позитивную динамику изучаемых показателей (рис. 1, 2). У испытуемых 1-ой группы выявлено достоверное снижение величин: ИУУ ($t=4,44053$; $p=0,000172$); ИМ ($t=2,63483$; $p=0,014513$) и НПУ ($t=2,45525$; $p=0,024477$). Также наблюдается снижение ИПВ, однако он по-прежнему остается высоким (тестовая норма «высокой степени» ИПВ — 7–9 баллов).

В группе менеджеров с достоверной значимостью наблюдается оптимизация всех изучаемых показателей:

НПУ ($t=14,0692$; $p=0,000000$); функционального состояния — «Самочувствие» ($t=6,0585$; $p=0,000000$), «Активность» ($t=6,0336$; $p=0,000001$), «Настроение» ($t=6,1010$; $p=0,000000$); шкал копинг-стратегий — «Разрешение проблем» ($t=5,5287$; $p=0,000003$), «Поиск социальной поддержки» ($t=2,0592$; $p=0,046380$), «Избегание проблем» ($t=4,7980$; $p=0,000025$).

Эти данные показывают, что даже кратковременная психологическая помощь облегчает патогенное действие синдрома выгорания. Если у методистов оптимизируются величины работоспособности, острого умственного утомления и стрессоустойчивости, то у менеджеров позитивная динамика выявлена для всех изучаемых показателей. Эти факты подтверждают эффективность предложенных проектов и позволяют рекомендовать их для практического использования с целью профилактики эмоционального выгорания и формирования стрессоустойчивости.

Использованные варианты психодиагностических методов, учитывающие специфику профессиональной деятельности методистов и менеджеров, доказали их адекватность. В обязательный набор тестов для краткой диагностики синдрома эмоционального выгорания работников умственного труда целесообразно включать опросники: «Степень хронического утомления», «Профессиональное выгорание» и «Прогноз». Более полная оценка показателей психоэмоциональной сферы и эффективности внедрения ЗТ возможна при использовании следующего психодиагностического инструментария: «Степень хронического утомления», «Профессиональное выгорание», «Прогноз», «Дифференцированная оценка работоспособности», «Оценка острого умственного утомления», «Оценка острого физического утомления», «Самочувствие-Активность-Настроение», «Индикатор копинг-стратегий».

Полученные результаты внедрения кратковременных проектов психологической помощи работникам умственного труда средствами СААПТ согласуются с положительными результатами использования здоровьесберегающих программ, направленных на профилактику симптомов эмоционального выгорания различных профессиональных коллективов и описанных в специальной литературе [5,15,16].

На основании полученных результатов для администрации обеих организаций была разработана стратегия здоровьесбережения, направленная на профилактику профессионального выгорания работников и формирование стрессоустойчивости. Составляющими этой стратегии являются информирование работников о неблагоприятном влиянии профессиональных стресс-факторов на состояние работоспособности и здоровья; внедрение продуманной системы гигиенической и социально-психологической организации трудового процесса с регулированием информационных и умственных нагрузок; проведение регулярного мониторинга состояния здоровья работников с психодиагностикой показателей функционального состояния и эмоциональной сферы; оптимизация организационной культуры и формирование здоровой атмосферы в трудовом коллективе с помощью корпоративных праздников, дней здоровья; обеспечение карьерного роста персонала; психологическое сопровождение сотрудников с применением средств СААПТ — расширение персонального спектра ресурсов стрессоустойчивости с помощью психотехник и технологий (групповые и индивидуальные консультации).

Выводы:

1. Исследования состояния психоэмоциональной сферы в 2 профессиональных группах работников умственного тру-

да — методистов и менеджеров — с помощью комплекса методик, направленных на выявление различных ее нарушений при влиянии стресс-факторов, выявило наличие признаков профессионального выгорания в обеих группах. Для испытуемых обеих групп установлены высокий риск дезадаптации в стрессе и низкие величины показателей функционального состояния.

2. Повторная психодиагностика, проведенная после участия работников в разработанных с учетом профессиональных особенностей проектах кратковременной психологической помощи средствами САЛРТ, показала позитивную динамику показателей эмоциональной сферы испытуемых, что подтверждает эффективность предложенных программ здоровьесбережения.

3. Обязательный набор тестов для диагностики синдрома эмоционального выгорания работников умственного труда должен включать тесты, позволяющие определить уровень хронического утомления, величину интегрального показателя профессионального выгорания и риска дезадаптации в стрессе, которые могут быть дополнены дифференцированной оценкой функционального состояния, умственного и физического утомления и работоспособности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Ибраев С.А., Жарылкасын Ж.Ж., Отаров Е.Ж., Исмаилов Ч.У. Современные аспекты профессионального риска у лиц умственного труда (обзор литературы). *Междун. ж. прикл. и фундам. исследований*. 2017; 3(1): 62–5; <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=11399>.
- Watanabe K., Tabuchi T., Kawakami N. Improvement of the work environment and work-related stress: a cross-sectional multilevel study of a nationally representative sample of Japanese workers. *J Occup and Environ Medicine*. 2017; 59(3): 295–303. DOI: 10.1097/JOM.0000000000000950.
- Ерденева Г.К., Кошеров П.А., Амантаева А.А., Мусина А.А., Сулейменова Р.К. Профилактика стрессового состояния у работников с высоким психоэмоциональным напряжением. *Вестник КазНМУ*. 2015; 1: 333–5.
- Hu N.Ch., Chen J.D., Cheng T.J. The associations between long working hours, physical inactivity, and burnout. *J Occup and Environ Medicine*. 2016; 58(5): 514–8. DOI: 10.1097/JOM.0000000000000715.
- Водопьянова Н.Е., Старченкова Е.С. *Синдром выгорания. Диагностика и профилактика*. М.: Издательство Юрайт, 2017.
- Hsu S.H.-J., Chen D.-R., Cheng Y., Su T.-C. Association of psychosocial work hazards with depression and suboptimal health in executive employees. *J Occup and Environ Medicine*. 2016; 58(7): 728–36. DOI: 10.1097/JOM.0000000000000760.
- Vammen M.A., Mikkelsen S., Hansen Å.M., Bonde J.P., Grynderup M.B., Kolstad H. et al. Emotional demands at work and the risk of clinical depression: a longitudinal study in the danish public sector. *J Occup and Environ Medicine*. 2016; 58(10): 994–01. DOI: 10.1097/JOM.0000000000000849.
- Влах Н.И. Модель психологической помощи представителям «помогающих» профессий при эмоциональном выгорании. *Вестник ЮУрГУ. Серия «Психология»*. 2015; 8 (4): 24–30. DOI: 10.14529/psy 150403.
- Николаевский Е.Н. Рекомендации по здоровьесбережению работников организации. *Инновационная наука*, 2016; 7(8): 124–6.
- Kent K., Goetzel R.Z., Roemer E.C., Prasad A., Freundlich N. Promoting healthy workplaces by building cultures of health and applying strategic communications. *J Occup and Environ Medicine*. 2016; 58(2): 114–22. DOI: 10.1097/JOM.0000000000000629.
- Lin Y.-P., Lin C.-C., Chen M.-M., Lee K.-C. Short-term efficacy of a “sit less, walk more” workplace intervention on improving cardiometabolic health and work productivity in office workers. *J Occup and Environ Medicine*. 2017; 59(3): 327–34. DOI: 10.1097/JOM.0000000000000955.
- Ивахненко Г.А. Здоровьесберегающие технологии в российских вузах. *Вестник института социологии*. 2013; 6: 99–111.
- Гафарова Н.В. Социально-психологический тренинг, направленный на преодоление профессионального выгорания, и эмпирическая проверка его эффективности. *Вестник ЮУрГУ*. 2013; 6 (2): 43–9.
- Габдреева Г.Ш., Прохоров А.О. *Практикум по психологии состояний*. СПб: Речь, 2004.
- Соловова Н.В. Профессиональная деятельность методиста вуза. *Вестник СамГУ*. 2010; 77: 202–6.
- Wierenga D., Engbers L.H., Van E.P., van Mechelen W. A 7-step strategy for the implementation of worksite lifestyle interventions: helpful or not? *J Occup and Environ Medicine*. 2016; 58(5): 159–65. DOI: 10.1097/JOM.0000000000000690.

REFERENCES

- Ibraev S.A., Zharylkasyn Zh.Zh., Otarov E.Zh., Ismailov Ch.U. Modern aspects of occupational risk in people of intellectual work (literature review). *Mezhd. zhu. Prikl. i fundam. issledovaniy*. 2017; 3(1): 62–65; <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=11399> (in Russian).
- Watanabe K., Tabuchi T., Kawakami N. Improvement of the work environment and work-related stress: a cross-sectional multilevel study of a nationally representative sample of Japanese workers. *J Occup and Environ Medicine*. 2017; 59(3): 295–303. DOI: 10.1097/JOM.0000000000000950.
- Erdenova G.K., Kosherova P.A., Amantaeva A.A., Musina A.A., Suleymenova R.K. Prevention of stress in workers with high psychoemotional stress. *Vestnik KazNMU*. 2015; 1: 333–5 (in Russian).
- Hu N.Ch., Chen J.D., Cheng T.J. The associations between long working hours, physical inactivity, and burnout. *J Occup and Environ Medicine*. 2016; 58(5): 514–8. DOI: 10.1097/JOM.0000000000000715.
- Vodop'yanova N.E., Starchenkova E.S. Burnout syndrome. Diagnosis and prevention. M.: Izdatel'stvo Urait, 2017 (in Russian).
- Hsu S.H.-J., Chen D.-R., Cheng Y., Su T.-C. Association of psychosocial work hazards with depression and suboptimal health in executive employees. *J Occup and Environ Medicine*. 2016; 58(7): 728–36. DOI: 10.1097/JOM.0000000000000760.
- Vammen M.A., Mikkelsen S., Hansen Å.M., Bonde J.P., Grynderup M.B., Kolstad H. et al. Emotional demands at work and the risk of clinical depression: a longitudinal study in the Danish public sector. *J Occup and Environ Medicine*. 2016; 58(10): 994–01. DOI: 10.1097/JOM.0000000000000849.
- Vlakh N.I. A model of psychological counselling for people of “aiding” professions with emotional burnout. *Vestnik YuUrGU. Seriya “Psikhologiya”*. 2015; 8 (4): 24–30. DOI: 10.14529/psy150403 (in Russian).
- Nikolaevskiy E.N. Health-saving recommendations for corporate employees. *Innovatsionnaya nauka*, 2016; 7(8): 124–6 (in Russian).
- Kent K., Goetzel R.Z., Roemer E.C., Prasad A., Freundlich N. Promoting healthy workplaces by building cultures of health and applying strategic communications. *J Occup and Environ Medicine*. 2016; 58(2): 114–22. DOI: 10.1097/JOM.0000000000000629.
- Lin Y.-P., Lin C.-C., Chen M.-M., Lee K.-C. Short-term efficacy of a “sit less, walk more” workplace intervention on improving cardiometabolic health and work productivity in office workers. *J*

Occup and Environ Medicine. 2017; 59(3): 327–34. DOI: 10.1097/JOM.0000000000000955

12. Ivakhnenko G.A. Health-saving technologies in Russian universities. *Vestnik instituta sotsiologii*. 2013; 6: 99–111 (in Russian).

13. Gafarova N.V. Socio-psychological coaching aimed at overcoming professional burnout and empirical testing of its effectiveness. *Vestnik YuUrGU*. 2013; 6 (2): 43–9 (in Russian).

14. Gabdreeva G.Sh., Prokhorov A.O. Tutorial on the psychology of conditions. SPb: *Rech'*; 2004 (in Russian).

15. Solovova N.V. Professional activity of the university research specialist. *Vestnik SamGU*. 2010; 77: 202–6 (in Russian).

16. Wierenga D., Engbers L.H., Van E.P., van Mechelen W. A 7-step strategy for the implementation of worksite lifestyle interventions: helpful or not? *J Occup and Environ Medicine*. 2016; 58(5): 159–65. DOI: 10.1097/JOM.0000000000000690

Дата поступления / Received: 03.07.2019

Дата принятия к печати / Accepted: 14.10.2019

Дата публикации / Published: 28.10.2019

DOI: <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-10-899-904>

УДК 613.6.02

© Коллектив авторов, 2019

Черникова Е.Ф., Трошин В.В., Некрасова М.М., Зуев А.В.

Профессиональная обусловленность формирования болезней костно-мышечной системы у инспекторов ДПС ГИБДД

ФБУН «Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора, ул. Семашко, 20, Нижний Новгород, Россия, 603950

Боль в спине — одна из наиболее частых причин временной нетрудоспособности (ВН) и обращаемости за медицинской помощью. Болевой синдром пояснично-крестцовой локализации характерен для класса болезней костно-мышечной системы (БКМС). Факторы трудовой нагрузки могут быть причиной развития профессионально обусловленных БКМС. Учитывая возможность воздействия данных факторов на инспекторов ДПС ГИБДД, представляется актуальным исследование профессионального риска развития БКМС в данной группе работающих.

Цель исследований — на основании исследования условий труда инспекторов ДПС ГИБДД и распространенности среди них БКМС оценить степень профессиональной обусловленности анализируемых заболеваний.

Проводилась оценка условий труда инспекторов ДПС с измерением уровней воздействия профессиональных факторов. Ретроспективный анализ состояния здоровья осуществлялся по данным амбулаторных карт (431 карта) и больничных листов (568 листов для 369 человек), а также субъективно по результатам опроса (117 анкет) в разных возрастно-стажевых группах. Для установления достоверности различий применялись непараметрические и параметрические методы вариационной статистики.

Условия труда инспекторов ДПС — вредные четвертой степени (класс 3.4), лимитирующими факторами являлись микроклимат (3.3), напряженность (3.3) и тяжесть труда (3.2). Прогнозируемый индекс профзаболеваний — 0,5–1,0 — очень высокий (непереносимый) профессиональный риск. БКМС заняли 1-е ранговое место в структуре болезненности и составили $37,12 \pm 2,3$ случая на 100 работающих — выше среднестатистического в 2,8 раза. Прослеживался линейный характер нарастания случаев БКМС со стажем (коэффициент аппроксимации $R^2=0,98$; $p<0,001$). Рост числа случаев БКМС в группе со стажем работы 10 и более лет по сравнению с группой до 5 лет статистически значим: $\chi^2=29,79$ ($p<0,001$).

Выявлен линейный характер зависимости увеличения числа заболеваний со стажем. Профессиональная обусловленность развития БКМС в группе инспекторов ДПС ГИБДД статистически обоснована. Уровень относительного профессионального риска по классу БКМС — высокий.

Ключевые слова: инспектор ДПС ГИБДД; условия труда; болезни костно-мышечной системы; профессиональный риск

Для цитирования: Черникова Е.Ф., Трошин В.В., Некрасова М.М., Зуев А.В. Профессиональная обусловленность формирования болезней костно-мышечной системы у инспекторов ДПС ГИБДД. *Мед. труда и пром. экол.* 2019; 59 (10). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-10-899-904>

Для корреспонденции: Черникова Екатерина Федоровна, ст. науч. сотр. отдела гигиены ФБУН ННИИГП Роспотребнадзора, канд. мед. наук. E-mail: chernikova_ef@mail.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Ekaterina F. Chernikova, Vyacheslav. V. Troshin, Marina M. Nekrasova, Aleksandr V. Zuev

Professional conditioning of the formation of diseases of the musculoskeletal system in traffic police inspectors

Nizhny Novgorod Research Institute for Hygiene and Occupational Pathology Rospotrebnadzor, 20, Semashko Str., Nizhny Novgorod, Russia, 603950

Back pain is one of the most common causes of temporary disability (TD) and medical aid appealability. Pain syndrome of lumbosacral localization is typical for the class of diseases of the musculoskeletal system (DMSS). The factors of workload be the cause of the development of occupationally determined DMSS. Given the possibility of the impact of same factors on traffic policemen, it seems relevant to study the risk of developing DMSS in this group workers.

The aim of study based on the study of working conditions of traffic police inspectors and the prevalence of BCMS among THEM to assess the degree of professional conditioning of the analyzed diseases.

The assessment of working conditions of inspectors of traffic police with measurement of levels of influence of professional factors was carried out. Retrospective analysis of health status was carried out according to the data of outpatient cards (431 cards) and sick leaves (568 sheets for 369 people), as well as subjectively according to the results of a survey (117 questionnaires) in different age and age groups. Nonparametric and parametric methods of variational statistics were used to establish the reliability of the differences.

Working conditions of traffic police inspectors-harmful fourth degree (class 3.4), limiting factors were the microclimate (3.3), tension (3.3) and the severity of work (3.2). Predicted index of occupational diseases — 0,5–1,0 — very high (intolerable) occupational risk. BCMS ranked 1st in the structure of morbidity and amounted to 37.12 ± 2.3 cases per 100 workers–2.8

times higher than the average. The linear character of the increase in the cases of BKMS with experience was observed (approximation coefficient $R^2=0.98$; $p<0.001$). The increase in the number of cases of BCMS in the group with experience of 10 years or more compared to the group up to 5 years is statistically significant: $\chi^2=29.79$ ($p<0.001$).

The linear nature of the dependence of the increase in the number of diseases with experience was revealed. Professional conditionality of development of BKMS in group of inspectors of traffic police is statistically proved. The level of relative occupational risk in the BCMS class is high.

Key words: *traffic police inspector; working conditions; diseases of the musculoskeletal system; occupational risk*

For citation: Chernikova E.F., Troshin V.V., Nekrasova M.M., Zuev A.V. Professional conditioning of the formation of diseases of the musculoskeletal system in traffic police inspectors. *Med. truda i prom. ecol.* 2019; 59 (10). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-10-899-904>

For correspondence: Ekaterina F. Chernikova, senior researcher of hygiene department of the Central Research Institute of Hygiene of Rospotrebnadzor, Cand. of Sci. (Med.) E-mail: chernikova_ef@mail.ru

Funding: The study had no funding.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

Введение. Боль в спине является одной из самых частых причин временной нетрудоспособности и обращаемости за медицинской помощью [1–3]. Болевой синдром пояснично-крестцовой локализации полиэтиологичен по своей природе, большая часть нозологических форм объединена в класс болезней костно-мышечной системы (БКМС) [4]. Считается, что к 50 годам заболеваниями позвоночника страдает около 80% мужчин и 60% женщин, а с болями пояснично-крестцовой локализации на протяжении жизни сталкивается каждый второй человек [2]. Медико-социальная значимость данной проблемы обусловлена преобладанием в контингенте пораженных лиц трудоспособного возраста, что определяет необходимость совершенствования системы их лечения и реабилитации [2,3].

Ряд заболеваний костно-мышечной и периферической нервной систем, согласно действующему приказу Министерства здравоохранения и социального развития РФ №417н¹, включены в число профессиональных, обусловленных воздействием физических перегрузок. Совершенствование методов профилактики и ранней диагностики профессиональных, в том числе вертеброгенных заболеваний, остается одной из важных проблем гигиены труда и профессиональной патологии [5,6].

Для условий труда инспекторов ДПС ГИБДД характерно наличие вредных профессиональных факторов, а к состоянию их здоровья, работоспособности предъявляются высокие требования, что определяет актуальность данного исследования.

Цель исследований — на основании исследования условий труда инспекторов ДПС ГИБДД и распространенности среди них БКМС оценить степень профессиональной обусловленности анализируемых заболеваний.

На рабочих местах автоинспекторов — участках транспортных магистралей города и области — проводилась оценка условий труда с измерением уровней воздействия профессиональных факторов. Объем и перечень гигиенических исследований приведены в таблице 1. Инструментальные замеры выполнялись поверженным оборудованием 1 класса точности в соответствии с действующими нормативно-методическими документами. Анализируемые рабочие места были расположены в разных частях города и его окраин: 4 — стационарных и 4 — маршрутных. Исследования проводились в течение трех лет в разные периоды года, дни недели и время дня.

Подсчет проезжающих транспортных средств осуществлялся одновременно с выполнением инструментальных исследований. Регистрировалось количество легкового и грузового (в том числе автобусы) транспорта, движущегося

через контролируемый участок дороги по всем направлениям в единицу времени.

Оценка состояния здоровья автоинспекторов осуществлялась ретроспективным методом путем анализа медицинской документации. Изучение распространенности вертеброгенной патологии (ВП) проводилось по классу болезней костно-мышечной системы (БКМС) в соответствии с кодами МКБ-10: M15–19 — Артрозы, M42.9 — Остеохондроз, M54.1 — Радикулопатия, M54.3 — Ишиас, M54.4 — Лумбаго с ишиасом, M54.5 — Боль внизу спины, M54.8 — Другая дорсалгия, M54.9 — Дорсалгия неуточненная.

Сведения о диагнозах заболеваний выкопировывались из амбулаторных карт ФБУЗ «Медико-санитарная часть» ГУВД по Нижегородской области для инспекторов, продолжающих работать на момент исследования. Распространенность БКМС анализировалась без привязки к конкретному посту (стационарному или маршрутному), поскольку анализ профмаршрута показал, что рабочее место у многих инспекторов не было постоянным или единственным.

Заболеваемость с временной нетрудоспособностью (ВН) оценивалась в динамике за три года среди круглогодичных работающих. Изучался процент болевших лиц, число случаев ВН по болезни, число дней и средняя длительность одного случая. Исключались случаи ВН по уходу за больными. Сведения о возрасте, стаже и профмаршруте были получены из личных дел сотрудников.

Болезненность оценивалась в группах со стажем работы в профессии 0–4 года, 5–9 лет, 10 и более лет с учетом возрастной градации 20–29, 30–39, 40 и более лет. Возраст сотрудников ДПС, участвующих в исследовании — 21–48 лет, средний 34,1±0,31 года; стаж — 1–28 лет, средний 8,1±0,26 года.

Опрос проводился на основе добровольного информированного согласия с соблюдением всех этических норм. Специально разработанные оригинальные анкеты, включали вопросы оценки условий труда и состояния здоровья.

Для установления достоверности различий применялись непараметрические и параметрические методы вариационной статистики. Для элиминации влияния возраста и выявления влияния стажа рассчитывались стандартизованные по возрасту показатели заболеваемости инспекторов ДПС ГИБДД. За стандарт принималась общая заболеваемость по группе. Расчет показателей и оценка риска проводились с использованием MS Excel, статистических программ neurocomp.ru и medstatistic.ru.

Рабочие места инспекторов ДПС ГИБДД были расположены на открытой местности, вблизи или непосредственно на проезжей части. Постоянные рабочие места — это стационарные контрольные посты (СП),

¹ Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 27.04.2012 г. № 417н «Об утверждении перечня профессиональных заболеваний»

Объем и методы гигиенических исследований в группе инспекторов ДПС ГИБДД
Volume and methods of hygienic researches in group of inspectors of traffic police traffic police

Исследование	Единица наблюдения	Число анализируемых параметров
Оценка тяжести и напряженности трудового процесса	рабочие место	8
Измерение параметров микроклимата	уровень	177
Измерение общей вибрации	уровень	1029
Подсчет транспортных средств, проходящих через пост/ рабочий участок в дневное время (с 8 ⁰⁰ до 20 ⁰⁰)	автомобиль	47307
Субъективная оценка условий труда (опрос)	анкета	117
Изучение распространенности БКМС	амбулаторная карта	431
Изучение заболеваемости с временной утратой трудоспособности	инспектор /лист нетрудоспособности	396/568

оборудованные рабочим помещением. Непостоянные — без четкой привязки к местности — маршрутные посты (МП). График работы и функциональные обязанности инспекторов стационарных и маршрутных постов имеют различия.

Инспекторы СП осуществляли непрерывный пристальный визуальный и слуховой контроль за ситуацией на дороге. Работали бригадами из 4 человек. Дежурства — 12-часовые дневные и ночные.

Деятельность инспекторов, работающих на МП, заключалась в охране безопасности дорожного движения, регулировании транспортных потоков на особо опасных, многополосных, оживленных участках автомагистралей. Бригада состояла из 2 сотрудников, один из которых осуществлял функции водителя. График работы трехсменный по 8 ч. Отсутствие постоянного рабочего места, бытовых помещений, мест общего пользования, существенно осложняло труд, являясь дополнительным неблагоприятным фактором.

Тяжесть труда автоинспекторов обеих групп характеризовала рабочая поза «стоя» (более 80% смены), перемещения, частые наклоны корпуса более 30° и ношение тяжелого обмундирования (спецодежда, бронежилет, радиостанция, светоотражательный жезл, автомат, табельное оружие — всего около 11 кг). Условия труда по показателям тяжести трудового процесса — вредные второй степени (класс 3.2).

Напряженность трудового процесса была обусловлена такими показателями как: наличие большого количества объектов одновременного наблюдения и быстрая их смена, необходимость мгновенного реагирования, риск для собственной жизни и ответственность за жизнь и безопасность других лиц, наличие значительного числа конфликтных ситуаций, возникающих при общении с водителями, ночные смены и отсутствие регламентированных перерывов.

Интенсивность движения транспорта представляет собой совокупность визуальных и аудиальных сигналов, или информационный поток. Количество автомобилей, проезжающих через пост в обоих направлениях за 1 час, по городским автомагистралям (600–3960 машин/ч), среднее количество — 2157,8±1,68 машин/ч, через стационарные посты — от 660–4440 машин/ч, в среднем 1639,3±0,76 машин/ч, что соответствует макроуровню². Класс условий труда (КУТ) по показателям напряженности — вредный третьей степени (3.3).

² Информация как гигиенический фактор и принципы профилактики для инновационного труда (методические рекомендации). Утв. Науч. советом №45 «Медико-экологические проблемы здоровья работающих» РАМН 1 марта 2013 г. М.: ФБУ НИИ МТ РАМН; 2013.

Основную часть смены (более 80%) инспекторы ДПС ГИБДД проводили на открытом воздухе, что связано со спецификой их профессиональной деятельности. Средние температуры зимних месяцев при отсутствии регламентированных перерывов позволяют отнести условия труда автоинспекторов в холодное время года к классу 3.3.

Температура воздуха рабочих помещений постов ДПС зимой также не соответствовала допустимым величинам (среднее значение 15,5±1,5 С°).

Уровни общей вибрации по семи постам соответствовали санитарным требованиям, находясь в пределах 89–99 дБ. КУТ — допустимый (2). По одному СП, расположенному вблизи железнодорожной магистрали, зафиксированы превышения до 18 дБ, эквивалентный скорректированный уровень виброускорения составил 102,51±2,03 дБ. По данному рабочему месту КУТ — вредный первой степени (3.1).

В целом труд инспекторов ДПС ГИБДД рассматриваемых групп классифицируется как вредный четвертой степени (класс 3.4), лимитирующими определены микроклиматический фактор, напряженность и тяжесть труда. Прогнозируемый индекс профзаболеваний — 0,5–1,0 — означает, что инспекторы ДПС ГИБДД находились в группе очень высокого (непереносимого) профессионального риска.

При анкетном опросе 58% автоинспекторов отметили как неблагоприятный фактор влияние повышенных и пониженных температур воздуха. Обмундирование автоинспекторов, по мнению 92% из них, не обладало достаточными теплозащитными свойствами и износостойкостью. Причиной различных дискомфортных состояний, развивающихся в течение или сразу после дежурства были названы: ночные смены — 63%, физическое напряжение, связанное с работой в позе «стоя» — 49%, тяжелое обмундирование — 37%, высокое нервно-эмоциональное напряжение — 35%, необходимость длительного сосредоточенного наблюдения — 34%, большое количество конфликтных ситуаций — 27%. Чувство усталости в конце смены испытывали 57% инспекторов ДПС ГИБДД. Жалобы на периодические боли в спине имелись у 13,33±6,12% лиц со стажем работы до 5 лет, 19,05±6,01% — со стажем 5–9 лет и 28,89±6,76% — у проработавших на посту ДПС более 10 лет. Наблюдалась тенденция увеличения числа лиц, обеспокоенных болью в спине, со стажем ($p<0,05$).

Анализ зарегистрированных за период трудовой деятельности заболеваний у автоинспекторов показал, что БКМС занимали первое ранговое место (32,72±2,26%) в структуре всей зарегистрированной патологии и были представлены в основном группами дорсалгий М54–28,77±2,18 на 100 работающих, остеохондрозом позвоночника М42.9–7,19±1,24 и артрозами М15–19–1,16±0,52.

Таблица 2 / Table 2

Распространенность БКМС среди инспекторов ДПС ГИБДД в зависимости от возраста и стажа (на 100 работающих)
Prevalence of MSD among traffic policemen depending on age and length of service (per 100 employees)

Стаж, лет	Возраст, лет			Всего
	20–29	30–39	40 и более	
0–4	14,1±4,21	31,6±7,5	40,0±15,5	21,9±3,79
5–9	22,2±5,7	35,4±4,9	50,0±15,8	31,9±3,68
10 и более	-	53,1±5,5 ^{1,2}	56,3±5,9	54,6±4,04 ^{1,2}

Примечания: 1 — достоверность различий со стажевой группой 0–4 лет ($p<0,05$); 2 — Достоверность различий со стажевой группой 5–9 лет ($p<0,05$).

Notes: 1 — significance of differences in length of service group 0–4 years ($p<0,05$); 2 — Significance of differences in length of service group 5–9 years ($p<0,05$).

Заболеваемость по классу БКМС среди инспекторов составила 37,12±2,3 случаев на 100 работающих. Прослеживался рост частоты патологии БКМС с увеличением продолжительности работы в профессии и возраста (табл. 2).

Регрессионный анализ связи риска развития БКМС со стажем в стандартизованных по возрасту группах свидетельствует о линейном характере зависимости с коэффициентом аппроксимации (R^2), стремящимся к «1» (рисунок).

Различия в частоте случаев БКМС в группе инспекторов со стажем работы 10 и более лет по сравнению с группой до 5 лет является статистически значимым: $\chi^2=29,79$ ($p<0,001$). Рассчитанный относительный риск RR составляет 2,50 (95% доверительный интервал — ДИ — 1,78–3,50), этиологическая доля влияния профессиональных факторов EF — 59,99%, отношение шансов OR — 4,30 (ДИ — 2,52–7,36), чувствительность метода Se — 0,761, специфичность Sp — 0,574.

Заболеваемость с ВН в профессиональной группе инспекторов ДПС ГИБДД имеет свои особенности. Обнаружено, что, согласно оценочной шкале Е.А. Ноткина (1979 г.), показатели ВН характеризуются как «очень низкие» и «низкие» по числу болевших лиц на 100 работающих (29,3±3,72; 39,8±4,94 соответственно для СП и МП) «очень низкие» и «ниже среднего» по числу случаев ВН (38,7±5,08; 61,2±7,9), «очень низкие» и «ниже среднего» по количеству дней ВН (466,0±17,63; 644,0±25,63), продолжительность одного случая заболевания (12,04; 10,52 дней) — «выше средней» [7].

С увеличением стажа число здоровых лиц уменьшалось, а число болевших и кратность заболеваний — достоверно увеличивались в обеих группах ($p<0,05$). При применении

метода стандартизации по возрасту найденные различия оказались не достоверными ($p<0,05$).

Уровень относительного профессионального риска, рассчитанный для всего коллектива автоинспекторов, проработавших более 5 лет в профессии, по сравнению с группой 0–4 года, свидетельствует о том, что его по степени выраженности можно отнести к «малому» ($RR_{0-4/5-9}=1,45$ и $RR_{0-4/10+}=1,37$) для числа болевших лиц, «среднему» ($RR_{0-4/5-9}=1,73$ и $RR_{0-4/10+}=1,60$) для случаев нетрудоспособности и «высокому» по числу дней ВН ($RR_{0-4/5-9}=2,13$ и $RR_{0-4/10+}=2,17$).

Проведенное исследование показало, что количество зарегистрированных случаев ВН в группе автоинспекторов не велико. Однако значительная средняя длительность случая нетрудоспособности, увеличивающаяся со стажем и обуславливающая высокий уровень относительного риска, может свидетельствовать о том, что документально оформляются лишь «тяжелые» случаи нетрудоспособности, а «легкие» формы переносятся «на ногах».

Одним из наиболее неблагоприятных профессиональных факторов для автоинспекторов являлся микроклимат. Метеофакторы и зимой, и летом способны в значительной степени влиять на показатели работоспособности и функционального состояния автоинспекторов. По данным М.В. Потаповой (2007), среди сотрудников ДПС уровни первичной заболеваемости органов дыхания и костно-мышечной системы находились в прямой зависимости от сезонов года — резко увеличивались в осенне-зимний периоды [8]. Таким образом, охлаждение может быть одной из причин возникновения дорсалгий.

Напряженность труда, обусловленная у автоинспекторов сочетанием множества стресс-факторов, представляет собой значимый фактор риска состоянию их здоровья [9].

Гигиеническая оценка условий труда инспекторов г. Нижнего Новгорода по тяжести сопоставима с результатами других отечественных и зарубежных исследователей [8, 10–14]. Класс условий труда и уровень априорного профессионального риска, свидетельствуют о высокой вероятности возникновения профессиональных и профессионально обусловленных заболеваний.

Аналогичная нашему исследованию картина распространенности БКМС наблюдается в Республике Башкортостан в профессиональной группе нефтяников, где заболевания опорно-двигательного аппарата и периферической нервной системы также занимают ведущее место в структуре выявленной патологии (33,5%) и представлены главным образом вертеброгенными поражениями пояснично-крестцового уровня (21,3%) [15]. Условия труда сравниваемых работников относятся к вредному классу 1–3-й степени вредности и ведущими факторами названы тяжесть и на-

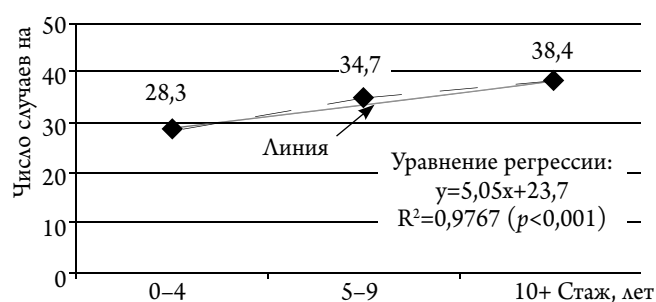


Рисунок. Регрессионный анализ стандартизованных по возрасту показателей распространенности БКМС среди инспекторов ДПС ГИБДД в зависимости от стажа работы в профессии

Figure. Regression analysis of age-standardized prevalence rates of MSD among traffic police inspectors depending on the period of service

пряженность труда, шум, вибрация и неблагоприятный микроклимат. Среди дорожных полицейских г. Брахмапур (Индия) распространенность БКМС составила 27,08%, причем местные власти разрешают часть времени смены работать на посту сидя [16].

Заболеваемость с ВН косвенно свидетельствует о степени негативного влияния факторов рабочей среды и трудового процесса на организм работающих. Результаты данного исследования демонстрируют увеличение числа болеющих лиц, количества случаев и дней нетрудоспособности со стажем, что может являться подтверждением неблагоприятного воздействия условий труда на формирование заболеваний, в том числе БКМС. По данным Спаринской И.П. (2013), болезни костно-мышечной системы отличаются самым высоким числом дней нетрудоспособности (в среднем — $275,28 \pm 8,96$), на долю этих заболеваний пришлось без малого треть (27,78%) дней ВН, а средняя продолжительность одного случая составила $15,55 \pm 0,29$ дней [17].

Выводы:

1. Условия труда инспекторов ДПС ГИБДД, характеризующиеся как вредные четвертой степени (класс 3.4), представляют реальную опасность для их здоровья. Априорный профессиональный риск — высокий (непереносимый). Лимитирующими определены такие факторы, как микроклимат, напряженность и тяжесть труда.

2. Результаты ретроспективного исследования обнаружили БКМС у каждого третьего автоинспектора, что выше среднестатистического уровня в 2,8 раза. Выявлен линейный характер зависимости увеличения числа заболеваний со стажем. Профессиональная обусловленность развития БКМС в группе инспекторов ДПС ГИБДД статистически обоснована. Уровень относительного профессионального риска по классу БКМС — высокий ($RR=2,5$).

3. Максимальная степень вредности условий труда инспекторов ДПС ГИБДД, высокий профессиональный риск развития БКМС диктуют необходимость незамедлительной разработки и внедрения системы профилактических мероприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Подчуфарова Е.В. Боль в пояснично-крестцовой области: организация помощи пациентам в Великобритании. *Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика*. 2014; 2: 75–80.
2. Манвелов А.С. Вертеброгенные болевые синдромы. *Атмосфера. Нервные болезни*. 2004; 3: 42–44.
3. Шайхлисламова Э.Р., Каримова А.К., Галлямова С.А., Урманцева Ф.А., Исакова Д.Р., Алакаева Р.А. Обоснование лечебно-оздоровительного комплекса у больных с профессиональной пояснично-крестцовой радикулопатией. *Пермский медицинский журнал*. 2018; 2: 85–92.
4. Бабанов С.А., Татаровская Н.А., Бараева Р.А. Профессиональная хроническая пояснично-крестцовая радикулопатия. *Трудный пациент*. 2013; 12: 23–30.
5. Елисеева Ю.Ю. Профессиональные заболевания опорно-двигательного аппарата. В кн.: *Профессиональные болезни*. М.: Эксмо; 2008.
6. Баттакова Ш.Б., Абдрахманова М.Г., Фазылова М.Д.А., Кожакметова К.М. Вегетативные нарушения при профессиональной вертеброгенной патологии пояснично-крестцового уровня у горнорабочих. *Медицина труда и экология человека*. 2018; 2(14): 11–15.
7. Ноткин Е.А. Об углубленном анализе данных заболеваемости с временной утратой трудоспособности. *Гигиена и санитария*. 1979; 5: 40–6.

8. Потапова М.В. Условия профессиональной деятельности и состояния здоровья сотрудников ГИБДД МВД Республики Татарстан. *Медицинский вестник МВД*. 2007; 4(29): 46–8.

9. Boyanagari M., Boyanagari V.K., Shankar M., Ayyanar R. Impact of occupational and psychological stress on police health in South India. *Arch. Ment. Health*. 2018; 19: 136–40.

10. Соколова О.И., Крюков В.Б., Панкова А.И. Условия труда и состояние слуха у сотрудников дорожно-патрульной службы Москвы. *Вестник отоларингологии: научно-практический журнал*. 2006; 4: 31–33.

11. Raval A., Dutta P., Tiwari A., Ganguly P. S., Sathish L. M., Mavalankar D., Hess J. Effects of Occupational Heat Exposure on Traffic Police Workers in Ahmedabad, Gujarat. *Indian. J. Occup. Environ. Med*. 2018; 22(3): 144–51. DOI: 10.4103/ijoom. IJOEM_125_18

12. Patil R.R., Chetlapally S.K., Bagavandas M. Global review of studies on traffic police with special focus on environmental health effects. *Int. J. of Occup. Med. and Environ. Health*. 2014; 27(4): 523–35. DOI: 10.2478/s13382-014-0285-5

13. Кирюшин В.А., Парамонов В.Ю. Условия труда сотрудников дорожно-патрульной службы. В кн.: *Материалы X Всероссийского съезда гигиенистов и санитарных врачей*. М.; 2007: 932–34.

14. Красовский В.О. Условия труда бойцов дорожно-патрульного полка государственной инспекции безопасности дорожного движения. В кн.: *Материалы III Всероссийского съезда врачей-профпатологов*. Новосибирск: ООО «Югус-Принт»; 2008: 494–95.

15. Гимранова Г.Г., Бакиров А.Б., Шайхлисламова Э.Р., Каримова А.К., Бейгул Н.А., Маврина Л.Н. Заболевания костно-мышечной и периферической нервной систем у нефтяников в условиях сочетанного воздействия вибрации и тяжести трудового процесса. *Гигиена и сан.* 2017; 6: 552–5.

16. Satapathy D.M., Behera T.R., Tripathy R.M. Health status of traffic police personnel in Brahmapur city. *Indian J. Community Med*. 2009; 34: 71–2.

17. Спаринская И.П., Журавлев Ю.И. Особенности заболеваемости с временной утратой трудоспособности работников Оскольского электрометаллургического комбината. *Научные ведомости БелГУ. Серия: Медицина. Фармация*. Вып. 24. 2013; 25(168): 187–91.

REFERENCES

1. Podchufarova Ye.V. Low back pain: organization of patient care in the UK. *Nevrologiya, neyropsikhiatriya, psikhosomatika*. 2014; 2: 75–80 (in Russian).
2. Manvelov L.S. Vertebrogenous pain syndromes. *Atmosfera. Nervnyye bolezni*. 2004; 3: 42–4 (in Russian).
3. Shaykhislamova E.R., Karimova L.K., Gallyamova S.A., Urmantseva F.A., Iskhakova D.R., Alakayeva R.A. Substantiation of the medical and recreational complex in patients with professional lumbosacral radiculopathy. *Permskiy meditsinskiy zhurnal*. 2018; 2: 85–92 (in Russian).
4. Babanov S.A., Tatarovskaya N.A., Barayeva R.A. Occupational chronic lumbosacral radiculopathy. *Trudnyy patsiyent*. 2013; 12: 23–30 (in Russian).
5. Eliseeva Yu.Yu. Occupational diseases of the musculoskeletal system. In the book: *Professional'nye bolezni*. М.: Eksmo; 2008: 471 (in Russian).
6. Battakova Sh.B., Abdrakhmanova M.G., Fazylova M.D.A., Kozhakhmetova K.M. Vegetative disorders in occupational vertebral pathology of the lumbosacral level in miners. *Meditsina truda i ekologiya cheloveka*. 2018; 2(14): 11–15 (in Russian).

7. Notkin E.L. Regarding the in-depth analysis of morbidity data with temporary disability. *Gigiena i sanitariya*. 1979; 5: 40–46.
8. Potapova M.V. Conditions of professional activity and state of health of traffic police officers of the Ministry of Internal Affairs of the Republic of Tatarstan. *Meditinskiy vestnik MVD*. 2007; 4(29): 46–48 (in Russian).
9. Boyanagari M., Boyanagari V.K., Shankar M., Ayyanar R. Impact of occupational and psychological stress on police health in South India. *Arch. Ment. Health*. 2018; 19: 136–40.
10. Sokolova O.I., Kryukov V.B., Pankova A.I. The working conditions and the state of hearing of the Moscow traffic police officers. *Vestnik otolaringologii: nauchno-prakticheskiy zhurnal*. 2006; 4: 31–33 (in Russian).
11. Raval A., Dutta P., Tiwari A., Ganguly P.S., Sathish L. M., Mavalankar D., Hess J. Effects of Occupational Heat Exposure on Traffic Police Workers in Ahmedabad, Gujarat. *Indian J. Occup. Environ. Med.* 2018; 22(3): 144–51. DOI: 10.4103/ijoem. IJOEM_125_18
12. Patil R.R., Chetlapally S.K., Bagavandas M. Global review of studies on traffic police with special focus on environmental health effects. *Int. J. of Occup. Med. and Environ. Health*. 2014; 27(4): 523–35. DOI: 10.2478/s13382-014-0285-5.
13. Kiryushin V.A., Paramonov V.Yu. The working conditions of employees of the road patrol service. In the book: *“Materialy X Vserossiyskogo s’yezda gigiyenistov i sanitarnykh vrachey”*. M.; 2007: 932–34 (in Russian).
14. Krasovskiy V.O. The working conditions of the fighters of the road patrol regiment of the State Traffic Safety Inspectorate. In the book: *“Materialy III Vserossiyskogo s’yezda vrachey-proftologov”*. Novosibirsk: OOO Yugus-Print; 2008: 494–95 (in Russian).
15. Gimranova G.G., Bakirov A.B., Shaykhlislamova E.R., Karimova L.K., Beygul N.A., Mavrina L.N. Diseases of the musculoskeletal and peripheral nervous systems of oil-industry workers under the combined effects of vibration and the severity of the working process. *Gigiyena i sanitariya*. 2017; 6: 552–55 (in Russian).
16. Satapathy D.M., Behera T.R., Tripathy R.M. Health status of traffic police personnel in Brahmapur city. *Indian J. Community Med.* 2009; 34: 71–2.
17. Sparinskaya I.P., Zhuravlev Yu. I. Features of morbidity with temporary disability of workers of the Oskolsky electrometallurgical plant. *Nauchnyye vedomosti BelGU. Seriya: Meditsina. Farmatsiya*. Issue 24. 2013; 25(168): 187–91 (in Russian).

Дата поступления / Received: 03.07.2019

Дата принятия к печати / Accepted: 14.10.2019

Дата публикации / Published: 28.10.2019