

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

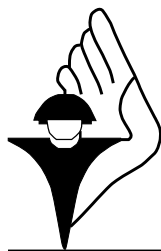
Подписной индекс по каталогу «Роспечать»:

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

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

Подписано в печать 21.11.2019.
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 (11), 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., реабилитированный 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.

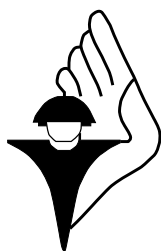
The Journal is included into a list
recommended by Russian Certification
Board and covering scientific and
scientific technological periodicals
published in Russian Federation. This
list contains main results of dissertations
for PhD and Doctor of Science degrees.
The Journal is included into Russian
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 (11), 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

RUHAVISHNIKOV 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

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

Казакова О.А., Аликина И.Н., Алексеев В.Б. Иммунные и генетические маркеры функциональных нарушений вегетативной нервной системы у работников, занятых на подземных горных работах 908

Зайцева Н.В., Носов А.Е., Ивашова Ю.А., Байдина А.С., Костарев В.Г. Эндотелиальная дисфункция у работников по подземной добыче хромовых руд 914

Землянова М.А., Кольдибекова Ю.В., Ухабов В.М. Влияние вредных физических факторов и производственной пыли на изменения некоторых биохимических и функциональных показателей состояния сердечно-сосудистой системы и органов дыхания у работников, занятых подземной добычей руды 920

Власова Е.М., Полевая Е.А., Порошина М.М., Тиунова М.И., Алексеев В.Б. Особенности факторов риска развития производственно обусловленной патологии у работников металлургического производства 926

Май И.В., Кокоулина А.А., Балашов С.Ю. К вопросу оптимизации мониторинга качества атмосферного воздуха для реализации федерального проекта «Чистый воздух» 931

Аликина И.Н., Долгих О.В. Иммунный профиль работников нефтедобывающего предприятия 937

Загороднов С.Ю., Май И.В. Методические и организационные аспекты проектирования санитарно-защитных зон предприятий или промышленных узлов как инструмент комплексной оценки качества атмосферного воздуха 940

Байдина А.С., Зайцева Н.В., Костарев В.Г., Устинова О.Ю. Артериальная гипертензия и факторы сердечно-сосудистого риска у работников подземной добычи рудных ископаемых 945

ПРАКТИЧЕСКОМУ ЗДРАВООХРАНЕНИЮ

Порошина М.М., Власова Е.М., Перевалов А.Я. Оптимизация системы диагностики заболеваний кисти у работников в условиях сочетанного воздействия вибрации и физических перегрузок 950

Устинова О.Ю., Носов А.Е., Байдина А.С., Пономарева Т.А. Особенности нейрогенных механизмов развития артериальной гипертензии у работников шахт по добыче хромовой руды 956

Ивашова Ю.А., Полевая Е.А., Пономарева Т.А. Ранние признаки поражения верхних конечностей у работающих в условиях воздействия локальной вибрации 960

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Старкова К.Г., Долгих О.В., Кривцов А.В., Казакова О.А., Мазунина А.А. Особенности генетического полиморфизма генов eNOS и HTR2A у работников предприятия по подземной добыче руд с заболеваниями сердечно-сосудистой системы 966

ORIGINAL ARTICLES

Kazakova O.A., Alikina I.N., Alekseev V.B. Immune and genetic markers of functional disorders of the autonomic nervous system in workers engaged in underground mining 908

Zaitseva N.V., Nosov A.E., Ivashova Yu.A., Baydina A.S., Kostarev V.G. Endothelial dysfunction in workers in underground mining of chrome ores 914

Zemlyanova M.A., Koldibekova Yu.V., Ukhobov V.M. The influence of harmful physical factors and industrial dust on changes in some biochemical and functional indicators of the cardiovascular system and respiratory system in workers engaged in underground mining of ore 920

Vlasova E.M., Polevaya E.A., Poroshina M.M., Tiunova M.I., Alekseev V.B. Features of risk factors of development of the production caused pathology at workers of metallurgical production 926

May I.V., Kokoulina A.A., Balashov S.Yu. On the issue of optimization of atmospheric air quality monitoring for the implementation of the Federal project "Clean Air" 931

Alikina I.N., Dolgikh O.V. Immune profile of oil production enterprise employees 937

Zagorodnov S.Yu., May I.V. Methodical and organizational aspects in designing sanitary protection zones for a group of enterprises or industrial centers as a toll for complex atmospheric air quality assessment 940

Baydina A.S., Zaitseva N.V., Kostarev V.G., Ustinova O.Yu. Arterial hypertension and cardiovascular risk factors in employees of underground mining ore minerals 945

FOR THE PRACTICAL MEDICINE

Poroshina M.M., Vlasova E.M., Perevalov A.Ya. Optimization of diagnostic system of hand diseases in employees working under combined effects of vibration and physical overloads 950

Ustinova O.Yu., Nosov A.E., Baydina A.S., Ponomareva T.A. Features of neurogenic mechanisms of arterial hypertension development in workers of chrome ore mines 956

Ivashova Yu.A., Polevaya E.A., Ponomareva T.A. Early signs of upper limb lesions in workers exposed to local vibration 960

BRIEF REPORTS

Starkova K.G., Dolgikh O.V., Krivtsov A.V., Kazakova O.A., Mazunina A.A. Features of eNOS and HTR2A genetic polymorphism in the implementation of the production-induced cardiovascular pathology in workers at the underground mining enterprise 966

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

DOI: <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-11-908-913>

УДК 57.575/611/612

© Коллектив авторов, 2019

Казакова О.А., Аликина И.Н., Алексеев В.Б.

Иммунные и генетические маркеры функциональных нарушений вегетативной нервной системы у работников, занятых на подземных горных работах

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», ул. Монастырская, 82, Пермь, Россия, 614045

Введение. Проведено изучение иммунных и генетических индикаторных показателей, ассоциированных с функциональной патологией вегетативной нервной системы у работающих, занятых шахтными работами по добыче хромовой руды (Пермский край).

Цель исследования — изучить особенности показателей клеточного иммунитета и генетического полиморфизма у работников, занятых на подземных горных работах, страдающих функциональными нарушениями вегетативной нервной системы.

Материалы и методы. Состояние различных звеньев вегетативной нервной системы оценивалось с помощью кардиоритмографической программы по стандартной методике. Маркеры клеточной дифференцировки (CD95⁺, CD127⁺) определялись методом проточной цитометрии на проточном цитофлуориметре. Определение уровня экспрессии белка Bcl-2 и мембранная экспрессия рецептора к фактору некроза опухоли TNFR проводились с использованием соответствующих моноклональных антител и одновременным проведением процедуры отрицательного изотипического контроля. Генетические особенности выявлялись методом полимеразной цепной реакции в режиме реального времени и аллельной дискриминации на основе диагностики однонуклеотидных полиморфизмов.

Результаты. Анализ показателей кардиоинтервалографии показал, что преобладающими типами вегетативной регуляции исходного вегетативного тонуса в группах наблюдения и сравнения были эйтония (37,5 и 45,8% соответственно, $p=0,448$). Симпатикотония в группе наблюдения встречалась в 1,8 раза чаще, чем в группе сравнения (35,4% и 20% соответственно, $p=0,126$). Изучение показателей иммунной системы у работающих группы наблюдения позволило установить, что количество Т-лимфоцитов, экспрессирующих рецепторный аппарат Т-лимфоцитов-супрессоров CD127⁺, было достоверно выше референтного уровня. Количество Т-лимфоцитов, несущих рецептор клеточной гибели CD95⁺, статистически значимо не отличалось от аналогичного показателя в группе сравнения, в то же время по отношению к физиологической норме их уровень оказался достоверно ниже. У работающих с повышенным содержанием хрома в биосредах наблюдается гиперпродукция TNFR-клеток относительно физиологической нормы ($p<0,05$). При изучении системы транскрипционных факторов апоптоза установлено угнетение экспрессии внутриклеточного белка Bcl-2. Выявлено достоверное повышение значения показателя специфической сенсibilизации к хрому (Ig E спец.), (в 1,63 раза по отношению к группе сравнения). Проведенный генетический анализ выявил отличия в распределении частот аллелей и генотипов у работающих с заболеваниями нервной системы (полиневропатия, расстройства вегетативной системы, эпилепсия, эйтония и др.) по генотипам следующих генов: гена детоксикации ксенобиотиков — копропорфириногеноксидазы CPOX A/C rs1131857, гена рецептора серотонина HTR2A A/G rs7997012, что формирует генетическую предрасположенность к патологическим иммунорегуляторным сценариям аллергизации, повышенной чувствительности к интоксикациям, канцерогенеза, дефектам катехоламиновой регуляции (астения, мигрень, ожирение, лабильность артериального давления и пульса).

Выводы. Результаты иммунологических и генетических исследований свидетельствуют о производственной обусловленности у шахтеров, занятых подземной добычей хромовой руды, с проявления функциональных нарушений вегетативной нервной системы ассоциированы с дисбалансом иммунорегуляции и вариантноностью полиморфизма генов.

Ключевые слова: иммунные маркеры; генетические маркеры; вегетативная нервная система; работник; хром; ген HTR2A; ген CPOX

Для цитирования: Казакова О.А., Аликина И.Н., Алексеев В.Б. Иммунные и генетические маркеры функциональных нарушений вегетативной нервной системы у работников, занятых на подземных горных работах. *Мед. труда и пром. экол.* 2019; 59 (11). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-11-908-913>

Для корреспонденции: Казакова Ольга Алексеевна, мл. науч. сотр. отдела иммунобиологических методов диагностики ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения». E-mail: dolgih@fcrisk.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Olga A. Kazakova, Inga N. Alikina, Vadim B. Alekseev

Immune and genetic markers of functional disorders of the autonomic nervous system in workers engaged in underground mining

Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, 82, Monastyrskaya str., Perm, Russia, 614045

Introduction. The study of immune and genetic indicators associated with functional pathology of the autonomic nervous system in workers engaged in mining operations for the extraction of chrome ore (Perm region).

The aim of the study was to study the characteristics of cellular immunity and genetic polymorphism in workers engaged in underground mining, suffering from functional disorders of the autonomic nervous system.

Materials and methods. The state of various parts of the autonomic nervous system was assessed using cardiorythmographic program according to the standard method. Markers of cell differentiation (CD95⁺, CD127⁺) were determined by flow cytometry on flow cytofluorimeter. Determining the level of protein expression of Bcl-2 and membrane expression of the receptor for tumor necrosis factor TNF was performed using corresponding monoclonal antibodies and simultaneous procedure negative isotype control. Genetic features were detected by real-time polymerase chain reaction and allelic discrimination based on the diagnosis of single-nucleotide polymorphisms.

Results. The analysis of cardiointervalography indices showed that the predominant types of vegetative regulation of the initial vegetative tone in the observation and comparison groups were eitonina (37.5 and 45.8%, respectively, $p=0.448$). The sympathetic tone in the observation group were found 1.8 times more often than in the control group (35.4% and 20%, respectively, $p=0.126$). The study of indicators of the immune system in the working group of observation allowed to establish that the number of T-lymphocytes expressing the receptor apparatus of T-lymphocytes CD127⁺ suppressors was significantly higher than the reference level. The number of T-lymphocytes carrying CD95⁺ cell death receptor did not significantly differ from the same index in the comparison group, at the same time, in relation to the physiological norm, their level was significantly lower. TNFR cells relative to physiological norm ($p<0.05$). When studying the system of transcription factors of apoptosis, inhibition of intracellular protein expression of Bcl-2 protein was established. A significant increase in the value of the index of specific sensitization to chromium (Ig E spec.), (1.63 times in relation to the comparison group). The genetic analysis revealed differences in the distribution of frequencies of alleles and genotypes in patients with diseases of the nervous system (polyneuropathy, disorders of the autonomic system, epilepsy, eitonina, etc.) on the genotypes of the following genes: gene detoxification of xenobiotics — coproporphyrinogen oxidase CPOX A/C rs1131857, serotonin receptor gene HTR2A A/G rs7997012, which forms a genetic predisposition to pathological immunoregulatory scenarios of allergization, hypersensitivity to intoxication, carcinogenesis, catecholamine regulation defects (asthenia, migraine, obesity, lability of blood pressure and pulse).

Conclusions. The results of immunological and genetic studies indicate production conditionality in miners engaged in underground mining of chromium ore, with manifestations of functional disorders of the autonomic nervous system associated with an imbalance of immunoregulation and gene polymorphism variability.

Keywords: immune markers; genetic markers; autonomic nervous system; worker; chromium; HTR2a gene; CPOX gene

For citation: Kazakova O.A., Alikina I.N., Alekseev V.B. Immune and genetic markers of functional disorders of the autonomic nervous system in workers engaged in underground mining. *Med. truda i prom. ekol.* 2019; 59 (11). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-11-908-913>

For correspondence: Olga A. Kazakova, Junior Researcher, Department of Immunobiological Diagnostic Methods, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies. E-mail: dolgi@fcrisk.ru

Funding. The study had no funding.

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

Введение. За последние годы отмечается рост общей и профессиональной заболеваемости среди рабочих горно-рудной промышленности. Хромовые руды в России являются остродефицитным сырьем, добыча которых осуществляется, как правило, подземным способом путем направленных взрывов. Опасные условия труда, характерные для горнодобывающей промышленности, создают значимый риск для здоровья трудящихся [1–3].

Профессиональная заболеваемость горнорабочих является важнейшей медицинской, социальной и экономической проблемой, поскольку около 40% работающих в этой отрасли промышленности продолжают трудиться во вредных условиях. Даже при непродолжительном воздействии профессиональных факторов возникают отклонения в деятельности функциональных систем организма — переход от приспособительных реакций к патологическим процессам. Более длительное воздействие превышает риск развития профессиональных заболеваний и инвалидизации рабочих [1,3]. Условия труда работников предприятий горнодобывающей промышленности характеризуются сочетанным воздействием на организм работников химического и физических факторов/ Присутствие в воздухе рабочей зоны химических веществ, обладающих раздражающим действием на органы дыхания, способны вызывать физический и эмоциональный дискомфорт. Вибрация в сочетании с другими неблагопри-

ятными факторами рабочей среды (физические нагрузки, охлаждающий микроклимат) приводит к изменениям со стороны функционального состояния органов и систем, способствуя формированию вибрационной болезни, развитию производственно обусловленной патологии [4,5]. Для шахтеров хромовых шахт характерна высокая степень производственной обусловленности заболеваний нервной, дыхательной и иммунной системы, эндокринной патологии и заболеваний органов слуха [6,7], а на шахтах, где в воздухе присутствуют метан и другие углеводороды ряда метана, описаны заметные сдвиги со стороны вегетативной нервной системы (положительный глазо-сердечный рефлекс, резко выраженная атропиновая проба, гипотония) [8]. Генерализованное действие вибрации проявляется церебрально-ангиодистоническим синдромом (головная боль, головокружение, астеновегетативские реакции), вегетативно-вестибулярным синдромом. Неспецифическое действие шума — симптомокомплекс, при котором органами-мишенями являются нервная система, сердечно-сосудистая, желудочно-кишечный тракт, эндокринные железы. Шум действует на все органы и системы, вызывая разнообразные физиологические изменения. Факторы, отягощающие действие шума: вынужденное положение тела, эмоциональное напряжение, вибрация, неблагоприятные метеорологические факторы, воздействие пыли, токсических веществ [9–10].

Таким образом, вредные производственные факторы подземных работ и их комбинации оказывают неблагоприятное воздействие на здоровье работающего, формируя производственно обусловленную патологию, характеризующуюся нарушениями со стороны нервной системы (НС).

Выявление генетических и иммунных предикторов позволяет своевременно подключить мероприятия по предупреждению нанесения вреда здоровью работающих на ранних этапах развития производственно обусловленных заболеваний НС, вызванных вредными условиями шахтного производства.

Цель исследования — изучение особенностей показателей клеточного иммунитета и генетического полиморфизма у работников, занятых на подземных горных работах, страдающих функциональными нарушениями центральной нервной системы.

Материалы и методы. Для выяснения роли профессиональных факторов в характеристике состояния здоровья работающих проводилось изучение санитарно-гигиенических условий труда работников хромовых руд. Репрезентативная группа наблюдения работников с функциональными нарушениями НС (полиневропатия, расстройства вегетативной системы), занятых на выполнении подземных горных работ по добыче хромовых руд, составила 57 человек. Группа представлена работниками мужского пола в возрасте 25–50 лет, работающими в подземных условиях более 1 года. Группа сравнения представлена условно здоровыми работниками предприятия без проявления признаков патологии нервной системы, возрастной состав 24–49 лет ($n=55$).

Состояние различных звеньев вегетативной нервной системы оценивалось с помощью кардиоритмографической программы «Поли-Спектр-8/EX» (Нейрософт) по стандартной методике.

Для анализа были использованы показатели симпатического звена вегетативной регуляции (АМо, ИН, LF), показатели парасимпатического звена (BP, HF), показатели гуморально-метаболического звена (Мо, VLF).

Исследование иммунного статуса включало определение общего содержания лейкоцитов, относительного и абсолютного содержания лимфоцитов стандартными методами лабораторного анализа. Анализ относительного и абсолютного количества субпопуляций лимфоцитов осуществлялся по экспрессии соответствующих мембранных маркеров: активационные Т-лимфоциты $CD3^+CD95^+$, Т-регуляторные лимфоциты $CD3^+CD127^-$. Для анализа использовалась суспензия мононуклеарных клеток периферической крови, выделенных путем центрифугирования в градиенте плотности фикола-верографина (Pharmacia). Анализ проведен методом проточной цитометрии на проточном цитометре FACSCalibur фирмы «Becton Dickinson» с использованием соответствующих моноклональных антител «Becton Dickinson» с помощью универсальной программы CellQuestPro.

Для оценки системы апоптоза исследованы внутриклеточная экспрессия белков — Bcl-2 и мембранная экспрессия рецептора к фактору некроза опухоли α 1-го типа (TNFR1 — tumor necrosis factor receptor) методом проточной цитометрии с использованием соответствующих моноклональных антител.

Для генетического анализа получены мазки со слизистой оболочки ротоглотки, ДНК выделены сорбентным методом. Детекция выполнена с использованием полиморфной цепной реакции в режиме реального времени на

приборе BioRad CFX96. Определение генотипов участков генов CPOX A/C rs1131857, HTR2A A/G rs7997012, TLR4 A8595G rs1927911, TP53_72 Pro75Arg rs 1042522 выполнено методом аллельной дискриминации.

Данные по генотипированию обработаны с использованием программы «ГенЭксперт» на основе диагностики однонуклеотидных полиморфизмов. Произведена оценка частот исследуемых групп на равновесие Харди-Вайнберга, определена оценка шансов (OR) развития нарушений нервной системы как для аллелей, так и для генотипов исследуемых генов при помощи мультипликативной и аддитивной моделей наследования. Анализ средних показателей относительно нормальных уровней представлен в таблице 1 в виде $x \pm SE$, где x — среднее, SE — стандартная ошибка. Значимыми считались результаты с уровнем значимости $p < 0,05$.

Результаты. Результаты изучения санитарно-гигиенических условий труда работников хромовых руд занятых на рабочих местах проходчика, бурильщика шпуров, горнорабочего, дробильщика, машиниста буровой установки, машиниста скреперной лебедки позволили установить, что рабочие места отличались характерным набором вредных производственных факторов (химический фактор, пыль, шум, вибрация, тяжесть труда, охлаждающий микроклимат), а условия труда были отнесены к 3.3–3.4 классу вредности согласно Руководству Р 2.2.2006–05¹. Анализ показателей кардиоинтервалографии показал, что преобладающими типами вегетативной регуляции исходного вегетативного тонуса в группах наблюдения и сравнения были эйтония (37,5 и 45,8% соответственно, $p=0,448$). Симпатикотония в группе наблюдения встречалась в 1,8 раза чаще, чем в группе сравнения (35,4% и 20% соответственно, $p=0,126$).

Анализ показателей спектрального анализа выявил одинаковый вклад всех уровней регуляции на сердечный ритм с небольшим преобладанием церебральных эрготропных влияний (VLF-компонент).

Коэффициент вагосимпатического баланса (LF/HF), повышающийся при активизации СНС и снижающийся при активизации ПСНС (норма 0,7–1,5), повышен в группе наблюдения (2,09), а в группе сравнения находится в пределах нормальных значений (1,5).

Величина вариационного размаха (Dx), отражающая активность парасимпатического отдела вегетативной нервной системы, у работников наблюдаемой группы была ниже показателя группы сравнения ($0,3 \pm 0,05$ и $0,36 \pm 0,08$ соответственно, $p=0,184$). Уровень амплитуды моды (АМо), характеризующей активность симпатической нервной системы, значимых различий между группами не имел. Однако в группе наблюдения был несколько выше относительно группы сравнения ($46,35 \pm 4,39$ и $42,76 \pm 5,35$ соответственно, $p=0,302$). Показатель гуморальной регуляции (МО — мода) у работников наблюдаемой группы был меньше показателя группы сравнения ($0,89 \pm 0,04$ и $0,91 \pm 0,07$ соответственно, $p=0,626$). В группе наблюдения среднее значение показателя, характеризующего активность механизмов центральной симпатической регуляции (ИН), хотя и был в пределах нормы (80–150 усл. ед.), но относительно группы сравнения имел несколько большее среднее значение ($130,13 \pm 40,66$ и $94,63 \pm 27,55$ усл. ед. соответственно, $p=0,153$), что свидетельствует о большем

¹ Р 2.2.2006-05. Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. Утверждено Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации Г.Г.Онищенко 29 июля 2005 г.

влиянии центральных механизмов вегетативной нервной системы на сердечный ритм и, следовательно, более энергозатратной работе сердца у работников анализируемой группы. После проведения ортостатической пробы оценивалась вегетативная реактивность. В обеих группах преобладал нормальный тип ответной реакции (41,7% и 60% в группах наблюдения и сравнения соответственно, $p=0,100$). Менее благоприятный гиперсимпатический тип вегетативной реактивности в группе наблюдения встречался в 2,3 раза чаще, чем в группе сравнения (39,6% и 17,1% соответственно, $p=0,027$).

Результаты анализа значений показателей иммунной регуляции у работающих группы наблюдения позволили установить, что количество Т-лимфоцитов, экспрессирующих молекулы CD127⁺ (CD4⁺CD25⁺CD127⁺), достоверно выше референтного и контрольного (группа сравнения) уровня почти в 3 раза. У обследованных рабочих количество Т-лимфоцитов, несущих молекулу CD95⁺ (CD3⁺CD95⁺), статистически значимо различалось с группой сравнения

($p<0,05$). Экспрессия молекулы CD95⁺ на Т-лимфоцитах свидетельствует о готовности клетки к вступлению в апоптоз, а наблюдаемое у работающих снижение показателя указывает на угнетение процедуры клеточной смерти. По отношению к физиологической норме относительный уровень рецептора клеточной гибели оказался достоверно ниже почти в 2 раза (табл. 1).

Результаты иммунологического обследования позволили установить, что у работающих с повышенным содержанием хрома в биосредах наблюдается достоверное ($p<0,05$) увеличение процентного содержания TNFR1-клеток относительно физиологической нормы в 1,7 раза. При оценке внутриклеточного механизма системы апоптоза наблюдалось угнетение содержания белка Bcl-2 по отношению к норме в 1,3 раза, по отношению к группе сравнения снижение содержания данного белка в крови рабочих составило 3,1 раза с достижением уровня достоверности ($p<0,05$) (табл. 1).

Таблица 1 / Table 1

Показатели иммунитета у исследуемых групп с функциональными нарушениями центральной нервной системы
Indicators of immunity in the study groups with functional disorders of the central nervous system

Показатель	Референтный уровень	Группа наблюдения (n=57)	Группа сравнения (n=55)
Регуляторные Т-лимфоциты (CD4 ⁺ CD25 ⁺ CD127 ⁺) отн. %	0,8–1,2	3,563±0,823 ^{*/**}	1,221±1,056
Активационные Т-лимфоциты CD3 ⁺ CD95 ⁺ -лимфоциты, отн. %	39–49	26,273±3,563 ^{*/**}	38,533±4,782
Bcl-2, %	1–1,5	0,91±0,544 ^{**}	3,745±1,629
TNFR, %	1–1,5	2,54±0,616 [*]	1,343±0,107

Примечания: * — разница достоверна относительно референтного интервала ($p<0,05$); ** — разница достоверна относительно группы сравнения ($p<0,05$).

Notes: * — the difference is significant relative to the reference interval ($p<0,05$); ** — the difference is significant relative to the comparison group ($p<0,05$).

Таблица 2 / Table 2

Частоты генотипов и аллелей исследуемых генов-кандидатов в развитии нарушений нервной системы у исследуемых групп

Frequencies of genotypes and alleles of the studied candidate genes in the development of disorders of the nervous system in the study groups

Ген	Генотип/аллель	Группа наблюдения, частоты	Группа сравнения, частоты
CPOX A/C rs1131857	A/A	0,81	0,57
	A/C	0,16	0,39
	C/C	0,03	0,04
	A	0,89	0,77
	C	0,11	0,23
HTR2A A/G rs7997012	A/A	0,24	0,52
	A/G	0,38	0,35
	G/G	0,38	0,13
	A	0,43	0,70
	G	0,57	0,30
TLR4 A859SG rs1927911	A/A	0,40	0,64
	A/G	0,46	0,29
	G/G	0,14	0,07
	A	0,64	0,79
	G	0,36	0,21
TP53 72 Pro75Arg rs 1042522	C/C	0,81	0,61
	C/G	0,16	0,39
	G/G	0,03	0,00
	C	0,89	0,80
	G	0,11	0,20

Таблица 3 / Table 3

Сравнительная оценка частот аллелей исследуемых генов в мультипликативной модели наследования
Comparative evaluation of allele frequencies of the studied genes in the multiplicative inheritance model

Ген	Аллель	Группа наблюдения	Группа сравнения	χ^2 (p)	OR (CI 95%)
CPOX A/C rs1131857	A	0,89	0,77	3,88 (0,05)	2,57(0,98–6,71)
	C	0,11	0,23		0,39(0,15–1,02)
HTR2A A/G rs7997012	A	0,431	0,696	7,25 (0,007)	0,33 (0,15–0,75)
	G	0,569	0,304		3,02 (1,34–6,82)

Примечания: p — уровень значимости, OR — оценка шансов, CI — доверительный интервал

Notes: p — the significance level, OR — the probability score, CI — the confidence interval

Таблица 4 / Table 4

Сравнительная оценка частот генотипов исследуемых генов в аддитивной модели наследования
Comparative estimation of genotype frequencies of studied genes in additive inheritance model

Ген	Генотип	Группа наблюдения	Группа сравнения	χ^2 (p)	OR (CI 95%)
CPOX A/C rs1131857	A/A	0,82	0,57	3,74(0,05)	3,32(1,09–10,080)
	A/C	0,16	0,39		0,29(0,09–0,92)
	C/C	0,02	0,04		0,73(0,04–12,19)
HTR2A A/G rs7997012	A/A	0,241	0,522	5,75 (0,06)	0,29 (0,09–0,95)
	A/G	0,379	0,348		1,15 (0,37–3,58)
	G/G	0,379	0,13		4,07 (0,98–16,97)

Примечания: p — уровень значимости, OR — оценка шансов, CI — доверительный интервал.

Notes: p — the significance level, OR — the probability score, CI — the confidence interval.

Установлен повышенный по сравнению с возрастной нормой уровень специфической сенсибилизации к хрому (по критерию IgE) (24% обследованных работников), по отношению к группе сравнения превышение составило 1,63 раза ($p < 0,05$).

Проведенный генетический анализ показал изменение в распределении частот аллелей и генотипов у обследованных работников по генам детоксикации CPOX A/C rs1131857 — копропорфириногеноксидаза, нервной регуляции HTR2A A/G rs7997012 — рецептор серотонина, иммунорегуляции TLR4 A8595G rs1927911 — ТОЛЛ-подобный рецептор и онкопролиферации TP53_72 Pro75Arg rs 1042522 — ген супрессор опухолевого роста транскрипционный фактор p53 (табл. 2).

Исследование частот генотипов исследуемых генов в группах «Наблюдение» и «Сравнение» выявило их соответствие равновесию Харди-Вайнберга, что допускает проведение их анализа с применением мультипликативной и аддитивной моделей наследования для поиска «рискового» аллеля и/или генотипа, наличие которого увеличивает шансы проявления функциональных нарушений нервной системы у исследуемых групп [11]. При оценке частот аллелей и генотипов гена детоксикации — CPOX между исследуемыми группами было обнаружено значимое различие в виде преобладания А-аллеля и А/А гомозиготного генотипа, что подтверждается тестом χ^2 с уровнем значимости $p = 0,05$, при этом оценка шансов показала, что генотип А/А гена CPOX является рисковым и его присутствие увеличивает шансы развития нарушений нервной системы (табл. 3–4). Сравнительная оценка частот гена маркера нейроэндокринной регуляции — серотонина HTR2A между исследуемыми группами выявила значимые отклонения G — рискового аллеля, при этом p (уровень значимости) составил менее 0,01, что свидетельствует об увеличении шансов развития нарушений нервной системы в присутствии данного аллеля (табл. 3–4).

Достоверных различий в частотах аллелей и генотипов гена TP53 — детерминирующего стабильность генома и ге-

на TLR4 иммуноассоциированных белков (различия частот соответствуют равновесию Харди-Вайнберга) не выявлено.

Обсуждение. Анализ показателей кардиоинтервалографии показал, что преобладающими типами вегетативной регуляции исходного вегетативного тонуса в группах наблюдения и сравнения были эйтония. В группе наблюдения среднее значение показателя, характеризующего активность механизмов центральной симпатической регуляции, относительно группы сравнения имел большее среднее значение, что свидетельствует о большем напряжении, о большем влиянии центральных механизмов вегетативной нервной системы на сердечный ритм и, следовательно, более энергозатратной работе сердца у работников анализируемой группы. Результаты иммунологических и генетических исследований свидетельствуют о производственной обусловленности у шахтеров, занятых подземной добычей хромовой руды, с проявления функциональных нарушений НС ассоциированы с дисбалансом иммунорегуляции и вариантноостью полиморфизма генов. По результатам иммунологического исследования работающих установлены нарушения адаптивного клеточного иммунитета, связанные с особенностями стимулированного апоптоза (угнетение экспрессии внутриклеточного белка Bcl-2, гиперпродукция TNFR-клеток) и IgE-опосредованной специфической сенсибилизации к хрому. Проведенный генетический анализ показал изменение в распределении частот аллелей и генотипов у обследованных. У работников с заболеваниями НС, подвергающихся воздействию вредных производственных факторов, установлены специфические генотипические сдвиги, характеризующие предрасположенность к формированию нарушений со стороны нервной регуляции. Установлено, что наличие А/А гомозиготного генотипа гена CPOX A/C rs1131857 и G — аллеля гена HTR2A A/G rs7997012, являющихся маркерами риска, увеличивают шансы развития нарушений НС у работающих на подземной добыче хромовых руд.

Выводы:

1. Изучение особенностей показателей клеточного иммунитета и генетического полиморфизма у работников хромового производства, страдающих функциональными нарушениями НС, установило нарушения иммунорегуляции, связанные с стимулированным апоптозом (угнетение экспрессии внутриклеточного белка Bcl-2, гиперпродукция TNFR-клеток) и IgE-опосредованной специфической сенсибилизацией к хрому.

2. Мультипликативной моделью наследования доказано, что G аллель гена HTR2A (rs7997012) и A/A гомозиготный генотип гена CPOX A/C rs1131857 выступают в роли факторов риска развития нарушений со стороны НС.

3. Существует реальная потребность в создании комплекса санитарно-гигиенических и медико-профилактических мер, направленных на оптимизацию труда и улучшение уровня здоровья работников горнорудного производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зайцев В.А. Промышленная экология: Учебное пособие. М.: Дели; 1999.
2. Алтынбеков Б.Е., Долтаева Б.З. Производственные и биогехимические основы профилактики свинцовой интоксикации работников ЗАО «Южполиметалл». Медицина и экология. 2000; 3: 15–8.
3. Anderson R.A. Polansky M.M. Bryden N.A Stability and absorption of chromium and absorption of chromium histidinate complexes by humans. *Biol. Trace Elem. Res.* 2004; 101: 211–8. DOI: 10.1385/BTER:101:3:211.
4. Грушко Я.М. Соединения хрома и профилактика отравлений ими. М.: Медицина; 1964.
5. Власова Е.М., Алексеев В.Б., Шляпников Д.А. Ранняя диагностика состояний, предикторных производственно обусловленной артериальной гипертензии, у работников, занятых на выполнении подземных работ. *Терапевт.* 2014; 5: 23–9.
6. Duramad P. Holland N.T. Biomarkers of immunotoxicity for environmental and public health research. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2011; 8 (5): 1388–401. DOI: 10.3390/ijerph8051388.
7. Tanabe T., Yamaguchi N., Okuda M., Ishimaru Y., Takahashi H. Immune system reaction against environmental pollutants. *Nihon Eiseigaku Zasshi.* 2015. 70(2): 115–19. DOI: 10.1265/Jjh. 70.115.
8. Титова Е.Я. Голубь С.А. Современные проблемы охраны здоровья работников крупного промышленного предприятия,

работающих в условиях профессиональных вредностей. *Анализ риска здоровью.* 2017; 4: 83–90.

9. Жеглова А.В. Профессиональный риск и критерии нарушения здоровья работников горнорудной промышленности. *Мед. труда и пром. экол.* 2009; 5: 14–8.

10. Указ президента Российской Федерации от 12 мая 2009 года №537 «О стратегии национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года».

REFERENCES

1. Zaitsev V.A. Industrial ecology: Textbook. M.: Deli; 1999 (in Russian).
2. Altynbekov B.E., Dultaeva B.Z. Production and biogeochemical basis for the prevention of lead intoxication of workers of JSC “Yuzhpolimetall». *Meditina i ekologiya.* 2000; 3: 15–8 (in Russian).
3. Anderson R.A. Polansky M.M. Bryden N.A Stability and absorption of chromium and absorption of chromium histidinate complexes by humans. *Biol. Trace Elem. Res.* 2004; 101: 211–8. DOI: 10.1385/BTER:101:3:211.
4. Grushko Ya.M. *Chromium compounds and prevention of poisoning by them.* M.: Meditsina; 1964 (in Russian).
5. Vlasova E.M., Alekseev V.B., Shlyapnikov D.A. early diagnosis of conditions predicting the development of industrial hypertension in workers engaged in underground work. *Therapist.* 2014; 5: 23–9 (in Russian).
6. Duramad P. Holland N.T. Biomarkers of immunotoxicity for environmental and public health research. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2011; 8 (5): 1388–401. DOI: 10.3390/ijerph8051388.
7. Tanabe T., Yamaguchi N., Okuda M., Ishimaru Y., Takahashi H. Immune system reaction against environmental pollutants. *Nihon Eiseigaku Zasshi.* 2015. 70(2): 115–19. DOI: 10.1265/Jjh. 70.115.
8. Titova E.Ya., Golub' S.A. Contemporary problems of health protection for workers employed at a large industrial enterprise and working under occupational hazards. *Analiz riska zdorov'yu.* 2017; 4: 83–90 (in Russian).
9. Zhiglova A.V. Professional risk and criteria of violation of health of employees of the mining industry. *Med. truda i prom. ekol.* 2009; 5: 14–18 (in Russian).
10. Presidential decree No. 537 of 12 May 2009 on the national security strategy of the Russian Federation until 2020 (in Russian).

Дата поступления / Received: 16.08.2019

Дата принятия к печати / Accepted: 06.11.2019

Дата публикации / Published: 28.11.2019

Эндотелиальная дисфункция у работников по подземной добыче хромовых руд

¹ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», ул. Монастырская, 82, Пермь, Россия, 614045;

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет», ул. Букирева, 15, Пермь, Россия, 614990;

³Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Пермскому краю, ул. Куйбышева, 50, Пермь, Россия, 614016

Введение. В настоящее время эндотелиальная дисфункция рассматривается в качестве одного из начальных этапов патогенеза сердечно-сосудистых заболеваний. Выделяя ряд биологически активных соединений, эндотелий способствует поддержанию сосудистого тонуса и физиологической реологии крови. Современное производство по добыче хромовой руды характеризуется многообразием вредных профессиональных факторов (хром, пыль, шум, вибрация, тяжесть и напряженность труда, охлаждающий микроклимат), которые могут нарушать нормальное функционирование сосудистого эндотелия и приводить к развитию сердечно-сосудистых заболеваний.

Цель исследования — изучить особенности эндотелиальной функции у работников, занятых подземной добычей хромовой руды во вредных условиях труда.

Материалы и методы. В исследование включены 98 шахтеров предприятия по добыче хромовой руды. Группу сравнения (работающие в условиях вне воздействия исследуемых производственных факторов) составили 75 работников — руководители и специалисты административно-управленческого персонала предприятия, сопоставимых по возрасту и стажу с группой наблюдения. Для оценки вазомоторной функции эндотелия выполнялась проба поток-зависимой (эндотелий-зависимой) вазодилатации по методике D.S.Celermajer. Оценивались постокклюзионный прирост диаметра плечевой артерии, коэффициент чувствительности плечевой артерии к изменению сдвига на эндотелий.

Результаты. Эндотелиальная функция у работников шахты достоверно не отличалась от группы сравнения при стаже работы до 10 лет (значения относительного прироста диаметра плечевой артерии 12,2% в группе наблюдения и в группе сравнения 12,6%, $p=0,74$). При стаже более 10 лет значение относительного прироста диаметра плечевой артерии у работников группы наблюдения со стажем более 10 лет соответствовало признакам эндотелиальной дисфункции и составило 8,6%, в то время как в группе сравнения этот показатель равнялся 12,4%, что соответствовало нормальной функции эндотелия ($p=0,019$). У работников шахты по добыче руды с увеличением стажа прогрессивно ухудшалась функция эндотелия.

Выводы. Для работников, занятых подземной добычей хромовой руды более 10 лет, характерна сниженная вазодилатационная реакция на реперфузию после окклюзионной пробы и низкий коэффициент чувствительности эндотелия к напряжению сдвига. При этом статистически значимое снижение прироста диаметра плечевой артерии и коэффициента чувствительности эндотелия к напряжению сдвига по отношению к группе сравнения был установлен только у лиц со стажем более 10 лет. Сравнительный анализ результатов оценки функциональной активности эндотелия у работников сравниваемых групп свидетельствует о том, что изменение функционального состояния эндотелия у шахтеров связано не только с возрастом, но и с условиями работы. Выявленные изменения предрасполагают к развитию сердечно-сосудистой патологии, связанной с атеросклерозом, у работников подземной добычи хромовой руды.

Ключевые слова: подземная добыча хромовой руды; артериальная гипертензия; эндотелиальная дисфункция

Для цитирования: Зайцева Н.В., Носов А.Е., Ивашова Ю.А., Байдина А.С., Костарев В.Г. Эндотелиальная дисфункция у работников по подземной добыче хромовых руд. *Мед. труда и пром. экол.* 2019; 59 (11). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-11-914-919>

Для корреспонденции: Носов Александр Евгеньевич, зав. отделением профпатологии терапевтического профиля ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», канд. мед. наук. E-mail: nosov@fcrisk.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Nina V. Zaitseva¹, Alexander E. Nosov^{1,2}, Julia A. Ivashova¹, Anastasiya S. Baidina¹, Vitaly G. Kostarev³

Endothelial dysfunction in workers in underground mining of chrome ores

¹Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, 82, Monastyrskaya str., Perm, Russia, 614045;

²Perm State University, 15, Bukireva str., Perm, Russia, 614990;

³Administration of Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing in Perm Krai, 50, Kuibysheva str., Perm, Russia, 614016

Introduction. Currently, endothelial dysfunction is considered as one of the initial stages of the pathogenesis of cardiovascular diseases. By isolating a number of biologically active compounds, the endothelium helps to maintain vascular tone and physiological rheology of the blood. Modern production of chrome ore is characterized by a variety of harmful occupational factors (chromium, dust, noise, vibration, severity and intensity of work, cooling microclimate), which can disrupt the normal functioning of the vascular endothelium and lead to the development of cardiovascular diseases.

The aim of the study was to study the features of endothelial function in workers engaged in underground mining of chrome ore in harmful working conditions.

Materials and methods. The study included 98 miners of the enterprise for the extraction of chrome ore. The comparison group (working in conditions outside the influence of the studied production factors) consisted of 75 employees-managers and specialists of administrative and managerial personnel of the enterprise, comparable in age and experience with the observation group. To assess the vasomotor function of the endothelium, a flow-dependent (endothelium-dependent) vasodilation test was performed using the D. S. Celermajer technique. Post-occlusive increase in brachial artery diameter, brachial artery sensitivity coefficient to endothelial shift change were evaluated.

Results. The endothelial function of mine workers did not differ significantly from the comparison group with work experience up to 10 years (the values of the relative increase in the diameter of the brachial artery 12.2% in the observation group and in the comparison group 12.6%, $p=0.74$). With experience of more than 10 years, the value of the relative increase in the diameter of the brachial artery in the observation group with experience of more than 10 years corresponded to the signs of endothelial dysfunction and amounted to 8.6%, while in the comparison group this figure was 12.4%, which corresponded to normal endothelial function ($p=0.019$). Endothelial function progressively deteriorated with increasing seniority in mine workers.

Conclusions. For workers engaged in underground mining of chrome ore for more than 10 years, a reduced vasodilation reaction to reperfusion after an occlusion test and a low coefficient of sensitivity of the endothelium to shear stress are characteristic. There was no statistically significant decrease in increase in brachial artery diameter and the coefficient of sensitivity of endothelium to shear stress relative to the comparison group was selected only from persons with experience more than 10 years. The comparative analysis of the results of the evaluation of the functional activity of the endothelium in workers of the compared groups indicates that the change in the functional state of the endothelium in miners is associated not only with age, but also with working conditions. The revealed changes predispose to the development of cardiovascular pathology associated with atherosclerosis in workers of underground chrome ore mining.

Keywords: underground mining of chrome ore; arterial hypertension; endothelial dysfunction

For citation: Zaitseva N.V., Nosov A.E., Ivashova Yu.A., Baydina A.S., Kostarev V.G. Endothelial dysfunction in workers in underground mining of chrome ores. *Med. truda i prom. ekol.* 2019; 59 (11). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-11-914-919>

For correspondence: Alexander E. Nosov, Head of Department of occupational pathology of therapeutic profile of Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Cand. of Sci (Med). E-mail: nosov@fcrisk.ru

Funding. The study had no funding.

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

Введение. Заболевания сердечно-сосудистой системы сохраняют приоритетную роль в структуре смертности населения [1]. Исследования последних лет убедительно показали важную и самостоятельную роль эндотелия в развитии сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ). Эндотелий представляет собой непрерывный монослой клеток в виде полупроницаемой мембраны, выстилающей изнутри сердце и сосуды, которая непрерывно вырабатывает большое количество биологически активных веществ, обеспечивающих физиологическую функцию сосудистого русла [2].

Синтезируемые эндотелиоцитами факторы подразделяют на вазоконстрикторы и вазодилататоры. К вазоконстрикторам относят: эндотелин 1, тромбоксан A₂, ангиотензин II. Вазодилатирующие агенты представлены следующими веществами: оксид азота (NO), эндотелиальный гиперполяризующий фактор, простагландин, аденозиндифосфат, кинины [3,4]. Под эндотелиальной дисфункцией принято понимать несбалансированное образование в эндотелии биологически активных веществ. Однако имеется и более узкое представление об эндотелиальной дисфункции как о состоянии эндотелия, при котором имеется недостаточная продукция NO. Эндотелиальная дисфункция развивается вследствие воздействия множества внешних (курение, воздействие токсикантов окружающей среды и взвешенных частиц, инфекции) и внутренних (артериальная гипертензия, дислипидемия, воздействие провоспалительных факторов) повреждающих факторов [5–10].

Современное производство характеризуется многообразием вредных факторов, которые могут нарушать

нормальное функционирование сосудистого эндотелия и приводить к развитию ССЗ. При этом, в отношении ряда профессий, особенно связанных с потенциальной опасностью для жизни работника и его окружения, наличие ССЗ является критерием допуска к работе (подземные работы, спасательные работы и т. д.). В связи с этим, ранняя диагностика и профилактика ССЗ на уровне функциональных нарушений (эндотелиальная дисфункция) приобретает особую актуальность.

Цель исследования — изучить особенности эндотелиальной функции у работников, занятых подземной добычей хромовой руды во вредных условиях труда.

Материалы и методы. Группу наблюдения составили 98 работников шахты, занятых добычей хромовой руды, следующих специальностей: проходчик, горнорабочий, машинист буровой установки, машинист скреперной лебедки, бурильщик шпуров. Все обследованные — лица мужского пола. Средний возраст шахтеров составил 39,2±9,0 года, средний стаж работников — 9,7±8,4 года. Группу сравнения (работающие в условиях вне воздействия исследуемых производственных факторов) составили 75 работников — специалисты административно-управленческого персонала предприятия со средним возрастом 37,5±7,9 года ($p>0,05$ по отношению к группе наблюдения) и средним стажем — 11,0±7,1 года ($p>0,05$ по отношению к группе наблюдения). Каждая группа была разделена на подгруппы со стажем менее 10 лет и 10 лет и более. Работники в процессе трудовой деятельности подвергались воздействию комплекса вредных производственных факторов — пыль, шум, ви-

бация, тяжесть труда, напряженность труда, охлаждающий микроклимат. Работа осуществлялась по скользящему трехсменному графику с продолжительностью смены восемь часов. По данным специальной оценки условий труда (СОУТ) установлено, что эквивалентные уровни шума (дБА) на рабочих местах основных профессий производства составили 65–114 дБА. Интенсивность воздействия шума на рабочем месте проходчика достигает 114,9 дБА, бурильщика шпуров — 114,6 дБА, машиниста буровой установки — 108,2 дБА, что соответствует вредному классу 3. Уровень шума на рабочем месте машиниста скреперной лебедки достигал 96,1 дБА (класс 3.3), крепильщика — 94,4 дБА (классу 3.2). На рабочих местах горнорабочего (65,3 дБА) и горного мастера (70,9 дБА) эквивалентные уровни шума соответствовали классу условий труда 2. Уровень локальной вибрации на рабочих местах проходчика и бурильщика шпуров составлял 135 дБ, а общей вибрации — 127 дБ и 119 дБ соответственно (класс 3.3). На рабочем месте машиниста скреперной лебедки уровень локальной вибрации составил 127 дБ, общей вибрации — 116 дБ (классу 3.1). Уровни общей и локальной вибрации на рабочем месте машиниста буровой установки не превышают гигиенических нормативов, на рабочем месте крепильщика уровень локальной вибрации не превышает ПДУ (класс условий труда 2). На всех рабочих местах установлена пониженная температура воздуха (класс 3.3). Имеющаяся региональная и общая физическая нагрузка, а также перемещение груза, нахождение в неудобной (фиксированной) позе стали основанием для отнесения класса условий труда по тяжести трудового процесса к 3.3 у проходчика, бурильщика шпуров, машиниста скреперной лебедки; к классу условий труда 3.2 — у горнорабочего, крепильщика, машиниста буровой установки; к классу условий труда 3.1 — у горного мастера. Содержание взвешенных веществ (пыли) в воздухе рабочей зоны проходчика, бурильщика шпуров, машиниста буровой установки, машиниста скреперной лебедки соответствует классу условий труда 3.1. Запыленность на рабочих местах горнорабочего, крепильщика и горного мастера соответствует классу условий труда 2.

Для анализа состояния здоровья работников реализована специально разработанная программа обследования, включающая клиническое обследование с оценкой состояния органов системы кровообращения и функциональных методов исследования.

Для оценки вазомоторной функции эндотелия пациентам была выполнена проба поток-зависимой (эндотелий-зависимой) вазодилатации по методике D.S. Celermajer и соавторов [11,12] на ультразвуковом сканере экспертного класса «Vivid q» (GE Vingmed Ultrasound AS, Норвегия) с использованием линейного матричного датчика (4,0–13,0 МГц). За нормальную реакцию плечевой артерии принималось ее расширение на 10% и более от исходного уровня. Меньший прирост или вазоконстрикция трактовались как нарушение функции эндотелия. Для оценки функции эндотелия также использовался показатель «чувствительность плечевой артерии к изменению сдвига на эндотелий», характеризующий чувствительность эндотелия к изменению скорости кровотока и способность регулировать диаметр сосуда. Чем больше значение этого коэффициента, тем чувствительнее эндотелий к напряжению сдвига и выше уровень регуляции тонуса артерии. Одновременно определялось соотношение максимальных скоростей кровотока в плечевой артерии после декомпрессии и до компрессии. Расчет чувствительности плечевой артерии производился по формуле:

$$K = (\Delta D / D_0) / (\Delta \tau / \tau_0),$$

где K — коэффициент чувствительности плечевой артерии к изменению механического стимула, ΔD — разница между диаметром артерии после декомпрессии и исходным диаметром, D_0 — исходный диаметр артерии, $\Delta \tau$ — разница напряжения сдвига на эндотелий после декомпрессии и исходным значением, то — напряжение сдвига на эндотелий исходное, рассчитанное по формуле $\tau = 4\eta V / D$, где η — вязкость крови (в среднем 0,05 Пз); V — максимальная скорость кровотока, см/с; D — диаметр артерии, см [13].

Диагностическое обследование выполнено в соответствии с обязательным соблюдением этических норм, изложенных в Хельсинкской декларации 1975 г. с дополнениями 1983 г., заключение этического комитета (протокол №15 от 11.02.2018), от каждого пациента получено информированное согласие.

Математическая обработка результатов осуществлялась с помощью параметрических методов вариационной статистики. Проверка статистических гипотез для количественных данных проводилась с использованием критериев Стьюдента, для качественных данных — с использованием критерия Фишера. Для проверки нормальности распределения применялся тест Колмогорова-Смирнова. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты. Анализ данных ультразвуковой оценки вазомоторной функции эндотелия в пробе эндотелий-зависимой вазодилатации выявил преобладание в 1,3 раза доли лиц с патологической реакцией (прирост диаметра плечевой артерии менее 10%) в группе наблюдения относительно группы сравнения (40% и 30,2% соответственно, $p = 0,25$). Нарушение функции эндотелия в основном носило умеренную степень выраженности как в группе наблюдения (20%), так и в группе сравнения (17,5%) ($p = 0,72$). Следует отметить, что выраженная дисфункция эндотелия (прирост диаметра плечевой артерии менее 4%) регистрировалась в группе наблюдения в 3,6 раза чаще, чем в группе сравнения (11,7% против 3,2%, $p = 0,07$) (табл. 1).

Средние значения относительного прироста диаметра плечевой артерии в анализируемых группах были в пределах нормы и значимо не различались между собой ($11,1 \pm 1,3\%$ в группе наблюдения и $12,5 \pm 1,5\%$ в группе сравнения, $p = 0,19$), однако значение коэффициента чувствительности артерий было достоверно в 1,7 раза меньше у лиц группы наблюдения, чем в группе сравнения ($p = 0,002$), что свидетельствует о худшем функциональном состоянии эндотелия у работников группы наблюдения (табл. 1).

Анализ данных ультразвуковой оценки вазомоторной функции эндотелия в сравниваемых группах со стажем до 10 лет не выявил достоверных различий. Признаки дисфункции эндотелия регистрировались практически у каждого третьего в обеих группах и носили умеренный характер ($p = 0,59 - 0,99$) (табл. 2).

Значения относительного прироста диаметра плечевой артерии в сравниваемых группах соответствовали нормальному функциональному состоянию эндотелия и значимо не различались между собой (12,2% в группе наблюдения и в группе сравнения 12,6%, $p = 0,74$), однако коэффициент чувствительности у работников группы наблюдения был в 1,5 раза ниже ($p = 0,09$) (табл. 2).

При анализе результатов исследований, выполненных у лиц со стажем более 10 лет в группе наблюдения, дисфункция эндотелия определялась достоверно в 2,4 раза чаще, чем в группе сравнения ($p = 0,006$), при этом призна-

ки выраженной дисфункции эндотелия (прирост диаметра 1–4%) выявлялись у каждого пятого в анализируемой группе, при отсутствии таковых в группе сравнения ($p=0,003$). Невыраженное снижение функции эндотелия регистрировалась в группе наблюдения в 4 раза чаще, а умеренное — в 1,7 раза ($p=0,21–0,26$) (табл. 3).

Значение относительного прироста диаметра плечевой артерии у работников группы наблюдения со стажем более 10 лет соответствовало признакам эндотелиальной дисфункции и составило 8,6%, в то время как в группе сравнения этот показатель равнялся 12,4%, что соответствовало нормальной функции, различия при этом носили

достоверный характер ($p=0,019$). Значение коэффициента чувствительности в группе наблюдения также было достоверно меньшее ($0,06\pm 0,027$ против $0,16\pm 0,048$, $p=0,0003$) (табл. 3).

Сравнительный анализ данных ультразвукового исследования функции эндотелия в группе наблюдения работников со стажем до 10 лет и более показал достоверное увеличение в 2,3 раза доли лиц с признаками дисфункции эндотелия (29,3% при стаже работы до 10 лет и 66,7% при стаже работы более 10 лет, $p=0,007$) за счет прироста в 3 раза доли работников с выраженной дисфункцией и в 2,3 раза с умеренной степенью выраженности дисфункции эн-

Таблица 1 / Table 1

Результаты пробы эндотелий-зависимой вазодилатации у обследованных работников
Results of endothelium-dependent vasodilation test in the examined workers

Прирост диаметра плечевой артерии, %	Группа наблюдения	Группа сравнения	Достоверность различий, ($p<0,05$)
$\geq 10\%$	60,0	69,8	0,25
$<10\%$, в том числе:	40,0	30,2	0,25
– прирост 8–9,9% (невыраженная дисфункция)	8,3	6,3	0,67
– прирост 5–7% (дисфункция эндотелия умеренной степени выраженности)	20,0	17,5	0,72
1–4% (выраженная дисфункция эндотелия)	11,7	3,2	0,07
Отсутствие прироста	0	1,6	0,33
Парадоксальная вазоспастическая реакция	0	1,6	0,33
Относительный прирост диаметра плечевой артерии, %	$11,2\pm 1,3$	$12,5\pm 1,5$	0,19
Коэффициент чувствительности, усл. ед.	$0,098\pm 0,019$	$0,167\pm 0,038$	0,002

Таблица 2 / Table 2

Результаты пробы эндотелий-зависимой вазодилатации у обследованных работников со стажем работы до 10 лет
The results of endothelium-dependent vasodilation test in the examined workers with work experience up to 10 years

Пробы эндотелийзависимой вазодилатации, %	Группа наблюдения до 10 лет	Группа сравнения до 10 лет	Достоверность различий, ($p<0,05$)
Прирост диаметра $\geq 10\%$	70,7	66,7	0,72
Прирост диаметра $<10\%$, в том числе:	29,3	33,3	0,72
– прирост 8–9,9% (невыраженная дисфункция)	7,3	11,1	0,59
– прирост 5–7% (умеренной степени выраженности)	14,7	14,8	0,98
1–4% (выраженная дисфункция)	7,3	7,4	0,99
Относительный прирост диаметра плечевой артерии, %	$12,2\pm 1,5$	$12,6\pm 1,9$	0,74
Коэффициент чувствительности, усл. ед.	$0,112\pm 0,024$	$0,170\pm 0,066$	0,09

Таблица 3 / Table 3

Результаты пробы эндотелий-зависимой вазодилатации у обследованных работников со стажем работы более 10 лет
Results of endothelium-dependent vasodilation test in examined workers with more than 10 years of experience

Пробы эндотелийзависимой вазодилатации, %	Группа наблюдения	Группа сравнения	Достоверность различий ($p<0,05$)
Прирост диаметра $\geq 10\%$	33,3	72,2	0,006
Прирост диаметра $<10\%$, в том числе:	66,7	27,8	0,006
– прирост 8–9,9% (невыраженная дисфункция)	11,1	2,8	0,21
– прирост 5–7% (умеренной степени выраженности)	33,3	19,4	0,26
1–4% (выраженная дисфункция)	22,2	0	0,003
Отсутствие прироста	0	2,8	0,47
Парадоксальная вазоспастическая реакция	0	2,8	0,47
Относительный прирост диаметра плечевой артерии, %	$8,6\pm 2,4$	$12,4\pm 2,26$	0,019
Коэффициент чувствительности, усл. ед.	$0,061\pm 0,027$	$0,164\pm 0,048$	0,0003

дотелия. Следует отметить, что в группе сравнения работников с признаками нарушения вазодилатации при стаже работы более 10 лет было меньше, чем при стаже работы до 10 лет (33,3% при стаже работы до 10 лет и 27,8% при стаже работы более 10 лет, $p=0,63$).

Обсуждение. Воздействие факторов окружающей среды, в том числе взвешенных частиц, на сердечно-сосудистую систему привлекает в последние годы повышенное внимание. Согласно регистру Global Burden of Disease в 2015 г 4,2 млн смертей (7,6% от общей смертности) вызвано воздействием мелкодисперсных частиц [14]. В настоящее время рассматриваются три основных механизма воздействия взвешенных в воздухе частиц на сердечно-сосудистую систему [6]:

1. Классический путь — высвобождение в системную циркуляцию провоспалительных медиаторов, продуцированных в легких (IL-6, TNF- α , субстанция P, нейрокинин A);

2. Альтернативный путь — непосредственное проникновение частиц из легких в системный кровоток (данный механизм способствует поддержанию хронического воспаления в артериях, развитию эндотелиальной дисфункции, ускоряет развитие атеросклероза, напрямую активирует тромбоциты, способствуя развитию тромбоза);

3. Центральный путь, согласно которому взвешенные частицы стимулируют альвеолярные рецепторы влияют на вегетативную нервную систему (данный механизм преимущественно обуславливает нарушение вариабельности ритма сердца и электрических процессов в миокарде).

Основным патогенетическим звеном связующим ингаляционное воздействие взвешенных в воздухе частиц и развитие сердечно-сосудистой патологии является эндотелиальная дисфункция. В обзорах R.D. Brook, S.C. Fanq и соавторов в качестве начального звена патогенеза ССЗ при воздействии химических факторов производственной среды выделяются именно процессы эндотелиальной дисфункции, хронического воспаления и оксидативного стресса. У работников крупных предприятий в США установлены изменения таких параметров эндотелиальной дисфункции, как уровень NO и его метаболитов, гомоцистеина, фактора Виллебранда. Воздействие токсикантов промышленного происхождения ассоциировалось с умеренным повышением системного и легочного артериального давления (АД), которое авторы связывали с нарушением сосудистой реактивности, обусловленным эндотелиальной дисфункцией [15].

A. Bhatnagar и соавторы выявили краткосрочные и долгосрочные эффекты влияния промышленных, содержащих углеводороды, соединения серы, нитраты, аммиак, на заболеваемость сердечно-сосудистой патологией. Краткосрочные эффекты заключались в повышении смертности населения на 1% на каждые 10 мкг/м³ увеличения содержания химических веществ в воздухе. Риск смерти от ССЗ на загрязненной территории возрастал линейно, начиная с концентрации выбросов 3–5 мкг/м³. При краткосрочных эффектах химические вещества выступают в качестве триггеров, запускающих обострение атеросклеротического процесса (тромбозы), либо нарушения ритма сердца. Отсроченные эффекты воздействия промышленных выбросов также заключаются в повышении заболеваемости ССЗ и смертности от них, но возникают при меньших концентрациях веществ в воздухе. Авторы выделяют ряд механизмов, лежащих в основе долгосрочных эффектов: воздействие на вегетативную нервную систему, процессы проведения и реполяризации, а также системные воспалительные реакции, которые включают в себя эндотелиальную дисфункцию и оксидативный стресс. Данные процессы при длительном

ной токсикантной нагрузке приводят к развитию артериосклероза (жесткость артериального русла) и атеросклероза и с последующим обострением процесса в виде разрыва атеросклеротических бляшек и тромбозов [16].

В настоящем исследовании выявлены сосудистые нарушения, характеризующие процессы эндотелиальной дисфункции у работников подземной добычи хромовой руды, которые связаны с условиями работы и способствуют развитию ССЗ с увеличением стажа работы.

Выводы:

1. Для работников, занятых подземной добычей хромовой руды более 10 лет, характерна сниженная вазодилатационная реакция на реперфузию после окклюзионной пробы и низкий коэффициент чувствительности эндотелия к напряжению сдвига. При этом статистически значимое снижение прироста диаметра плечевой артерии и коэффициента чувствительности эндотелия к напряжению сдвига по отношению к группе сравнения был установлен только у лиц со стажем более 10 лет.

2. Сравнительный анализ результатов оценки функциональной активности эндотелия у работников сравниваемых групп свидетельствует о том, что изменение функционального состояния эндотелия у шахтеров связано не только с возрастом, но и с условиями работы.

3. Выявленные изменения предрасполагают к развитию сердечно-сосудистой патологии, связанной с атеросклерозом, у работников подземной добычи хромовой руды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 2018ESH/ESC Guidelines for the management of arterial hypertension. The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension and of the European Society of Cardiology. *European Heart Journal*. 2018; 39: 3021–4. DOI: 10.1093/eurheartj/ehy339.
2. Шляхто Е.В. ред. Кардиология. Национальное руководство (краткое издание). М.: ГЭОТАР-Медиа; 2019.
3. Омеляненко М.Г. Эндотелиальная дисфункция и ишемическая болезнь сердца у женщин молодого и среднего возраста. М.; 2008.
4. Barac A., Campia U. Methods for Evaluating Endothelial Function in Humans. *Hypertension*. 2007; 49: 748–60. DOI: 10.1161/01.hyp.0000259601.38807.a6.
5. Douglas L. Mann, Douglas P. Zipes, Peter Libby, Robert O. Bonow, Eugene Braunwald., eds. *Braunwald's heart disease: a textbook of cardiovascular medicine*. 10th edition; 2015.
6. Vidale S., Campana C. Ambient air pollution and cardiovascular diseases: from bench to bedside. *European Journal of preventive cardiology*. 2018; 25: 818–25. DOI: 10.1177/2047487318766638.
7. Бойцов С.А., Погосова Н.В., Бубнова М.Г., Драпкина О.М., Гаврилова Н.Е., Еганян Р.А. и др. Кардиоваскулярная профилактика 2017. Российские национальные рекомендации. *Российский кардиологический журнал*. 2018; 23 (6): 7–122. DOI: 10.15829/1560-4071-2018-6-7-122.
8. Sanidas E, Papadopoulos DP, Grassos H, Velliou M, Tsioufis K, Barbetseas J, Papademetriou V. Air pollution and arterial hypertension. A new risk factor is in the air. *J Am Soc Hypertens*. 2017; 11: 709–15. DOI: 10.1016/j.jash.2017.09.008.
9. Chin MT. Basic mechanisms for adverse cardiovascular events associated with air pollution. *Heart*. 2015 Feb;101(4):253–6. DOI: 10.1136/heartjnl-2014-306379.
10. Bourdrel T, Bind MA, Béjot Y, Morel O, Argacha JF. Cardiovascular effects of air pollution. *Arch. Cardiovasc. Dis*. 2017; 110(11): 634–42. DOI: 10.1016/j.acvd.2017.05.003.

11. Celermajer DS, Sorensen KE, Gooch VM, Spiegelhalter DJ, Miller OI, Sullivan ID, Lloyd JK, Deanfield JE. Non-invasive detection of endothelial dysfunction in children and adults at risk of atherosclerosis. *Lancet*. 1992; 340 (8828): 1111–5. DOI: 10.1016/0140-6736(92)93147-F.
12. Wilker EH, Ljungman PL, Rice MB, Kloog I, Schwartz J, Gold DR, Koutrakis P, Vita JA, Mitchell GF, Vasan RS, Benjamin EJ, Hamburg NM, Mittleman MA. Relation of long-term exposure to air pollution to brachial artery flow-mediated dilation and reactive hyperemia. *American Journal of Cardiology*. 2014; 113(12): 2057–63. DOI: 10.1016/j.amjcard.2014.03.048.
13. Иванова О.В., Рогоза А.Н., Балахонова Т.В., Соболева Г.Н., Атьков О.Ю., Карпов Ю.А. Определение чувствительности плечевой артерии к напряжению сдвига на эндотелий как метод оценки состояния эндотелийзависимой вазодилатации с помощью ультразвука высокого разрешения у больных с артериальной гипертензией. *Кардиология*. 1998; 3: 37–41.
14. Cohen AJ, Brauer M, Burnett R. Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. *Lancet*. 2017; 389: 1907–18. DOI: 10.1016/S0140-6736(17)30505-6.
15. Brook R.D., Franklin B., Cascio W., Hong Y., Howard G., Lipsett M., Luepker R., Mittleman M., Samet J., Smith S.C. Jr., Tager I. Air Pollution and Cardiovascular Disease: A Statement for Healthcare Professionals From the Expert Panel on Population and Prevention Science of the American Heart Association. *Circulation*. 2004; 109: 2655–71. DOI: 10.1161/01.CIR.0000128587.30041.C8.
16. Bhatnagar A. Environmental cardiology: studying mechanistic links between pollution and heart disease. *Circulation research*. 2006; 99: 692–705. DOI: 10.1161/01.RES.0000243586.99701.cf.
1. 2018ESH/ESC Guidelines for the management of arterial hypertension. The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension and of the European Society of Cardiology. *European Heart Journal*. 2018; 39: 3021–3104. DOI:10.1093/eurheartj/ehy339.
2. Shljaheto E.V. *Cardiology. National leadership (short edition)*. Moscow: GEOTAR-Media; 2019 (in Russian).
3. Omel'janenko M.G. *Endothelial dysfunction and coronary heart disease in young and middle-aged women*. M.; 2008 (in Russian).
4. Barac A., Campia U. Methods for Evaluating Endothelial Function in Humans. *Hypertension*. 2007; 49: 748–60. DOI: 10.1161/01.hyp.0000259601.38807.a6.
5. Douglas L. Mann, Douglas P. Zipes, Peter Libby, Robert O. Bonow, Eugene Braunwald., eds. *Braunwald's heart disease: a textbook of cardiovascular medicine*. 10th edition; 2015.
6. Vidale S., Campana C. Ambient air pollution and cardiovascular diseases: from bench to bedside. *European Journal of preventive cardiology*. 2018; 25: 818–25. DOI: 10.1177/2047487318766638.
7. Bojcov S.A., Pogoseva N.V., Bubnova M.G., Drapkina O.M., Gavrilova N.E., Eganjan R.A. et al. Cardiovascular Prophylaxis 2017. Russian national recommendations. *Rossiiskij kardiologicheskij zhurnal*. 2018; 23 (6): 7–122. DOI: 1015829/560-4071-2018-6-7-122 (in Russian).
8. Sanidas E, Papadopoulos DP, Grassos H, Velliou M, Tsioufis K, Barbetseas J, Papademetriou V. Air pollution and arterial hypertension. A new risk factor is in the air. *J Am Soc Hypertens*. 2017; 11: 709–15. DOI: 10.1016/j.jash.2017.09.008.
9. Chin MT. Basic mechanisms for adverse cardiovascular events associated with air pollution. *Heart*. 2015 101(4): 253–6. DOI: 10.1136/heartjnl-2014-306379.
10. Bourdrel T, Bind MA, Béjot Y, Morel O, Argacha JF. Cardiovascular effects of air pollution. *Arch. Cardiovasc. Dis*. 2017; 110(11): 634–42. DOI: 10.1016/j.acvd.2017.05.003.
11. Celermajer DS, Sorensen KE, Gooch VM, Spiegelhalter DJ, Miller OI, Sullivan ID, Lloyd JK, Deanfield JE. Non-invasive detection of endothelial dysfunction in children and adults at risk of atherosclerosis. *Lancet*. 1992; 340(8828): 1111–5. DOI: 10.1016/0140-6736(92)93147-F.
12. Wilker EH, Ljungman PL, Rice MB, Kloog I, Schwartz J, Gold DR, Koutrakis P, Vita JA, Mitchell GF, Vasan RS, Benjamin EJ, Hamburg NM, Mittleman MA. Relation of long-term exposure to air pollution to brachial artery flow-mediated dilation and reactive hyperemia. *American Journal of Cardiology*. 2014; 113(12): 2057–63. DOI: 10.1016/j.amjcard.2014.03.048.
13. Ivanova O.V., Rogoza A.N., Balakhonova T.V., Soboлева G.N., Atkov O.Yu., Karpov Yu.A. Sensitivity of endothelium of the brachial artery to shear stress-method to evaluate endothelial function in patients with hypertension. *Kardiologiya*. 1998; 3: 37–41 (in Russian).
14. Cohen AJ, Brauer M, Burnett R. Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. *Lancet*. 2017; 389: 1907–18. DOI: 10.1016/S0140-6736(17)30505-6.
15. Brook R.D., Franklin B., Cascio W., Hong Y., Howard G., Lipsett M., Luepker R., Mittleman M., Samet J., Smith S.C. Jr., Tager I. Air Pollution and Cardiovascular Disease: A Statement for Healthcare Professionals From the Expert Panel on Population and Prevention Science of the American Heart Association. *Circulation*. 2004; 109: 2655–71. DOI: 10.1161/01.CIR.0000128587.30041.C8.
16. Bhatnagar A. Environmental cardiology: studying mechanistic links between pollution and heart disease. *Circulation research*. 2006; 99: 692–705. DOI: 10.1161/01.RES.0000243586.99701.cf.

Дата поступления / Received: 16.08.2019

Дата принятия к печати / Accepted: 01.11.2019

Дата публикации / Published: 28.11.2019

Влияние вредных физических факторов и производственной пыли на изменения некоторых биохимических и функциональных показателей состояния сердечно-сосудистой системы и органов дыхания у работников, занятых подземной добычей руды

¹ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения»

Роспотребнадзор, ул. Монастырская, 82, Пермь, Россия, 614045;

²ФГБОУ ВО «Пермский государственный медицинский университет имени академика Е.А. Вагнера» Минздрава России, ул. Петропавловская, 26, Пермь, Россия, 614990

Введение. Здоровье работающих определяется как социальными и индивидуальными, так и производственными факторами, в том числе шумом, вибрацией и пылью, характерными для технологических процессов на предприятиях по добыче полезных ископаемых. Производственный шум на уровне свыше 90 дБА и пыль в виде взвешенных и мелкодисперсных частиц вызывает нарушение функции сердечно-сосудистой системы и органов дыхания.

Цель исследования — оценка влияния вредных физических факторов и производственной пыли на изменения некоторых биохимических и функциональных показателей состояния сердечно-сосудистой системы и органов дыхания у работников предприятия по подземной добыче руды.

Материалы и методы. Проведена оценка условий труда работников, занятых на выполнении подземных работ по добыче и переработке хромовых руд, анализ производственной пыли на размерность и количественное содержание мелкодисперсных частиц PM10 и PM2,5, исследование биохимических показателей состояния липидного обмена, оксидантной и антиоксидантной систем, показателей функции внешнего дыхания.

Результаты. На рабочих местах работников группы наблюдения основных специальностей выявлены вредные условия труда (класс 3.1–3.4) по уровню шума и вибрации. В воздухе рабочей зоны наибольшее содержание мелкодисперсных частиц PM2,5 ($2,68 \pm 0,54$ мг/м³) и PM10 ($4,64 \pm 0,93$ мг/м³) установлено на месте проведения буровых работ и очистки призабойного пространства. Выявлены отклонения биохимических показателей, характеризующих интенсификацию свободно-радикальных процессов и антиоксидантной защиты, дисбаланс показателей липидного спектра, и нарушение функциональных показателей внешнего дыхания. Установлена высокая степень связи с условиями труда частоты повышенного уровня гидроперекиси липидов и антиоксидантной активности (EF=60,71–65,84%).

Выводы. В условиях повышенного уровня шума (более 94 дБА), общей и локальной вибрации (более 116 и 127 дБ соответственно) и содержания мелкодисперсных частиц PM2,5 (более 2,14 мг/м³) и PM10 (более 3,71 мг/м³) при подземной добыче хромовой руды у работников выявлены отклонения показателей в виде повышения в 1,6 раза уровня гидроперекиси липидов и общей АОА, снижения в 1,2 раза уровня липопротеинов высокой плотности, повышения в 1,2–1,3 раза липопротеинов низкой плотности, триглицеридов и индекса атерогенности в сыворотке крови, снижения пикового экспираторного потока. Высокую степень профессиональной обусловленности имеют частота повышения уровня гидроперекиси липидов в сыворотке крови и антиоксидантной активности плазмы крови.

Ключевые слова: подземная добыча руды; шум; вибрация; производственная пыль; частицы PM10 и PM2,5; сердечно-сосудистая система; органы дыхания

Для цитирования: Землянова М.А., Кольдибекова Ю.В., Ухабов В.М. Влияние вредных физических факторов и производственной пыли на изменения некоторых биохимических и функциональных показателей состояния сердечно-сосудистой системы и органов дыхания у работников, занятых подземной добычей руды. *Мед. труда и пром. экол.* 2019; 59 (10). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-11-920-925>

Для корреспонденции: Землянова Марина Александровна, зав. отделом биохимических и цитогенетических методов диагностики ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», д-р мед. наук. E-mail: zem@fcrisk.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Marina A. Zemlyanova¹, Yuliya V. Koldibekova¹, Viktor M. Ukhayov²

The influence of harmful physical factors and industrial dust on changes in some biochemical and functional indicators of the cardiovascular system and respiratory system in workers engaged in underground mining of ore

¹Federal Scientific Center of Medical and Preventive Technologies of Public Health Risk Management Technologies” of

Rospotrebnadzor, 82 Monastyrskaya str., Perm, Russia, 614045;

²Perm State Medical University named after academician E.A. Wagner of Ministry of Health of Russia, 26, Petropavlovskaya str., Perm, Russia, 614990

Introduction. The health of workers is determined by both social and individual, as well as production factors, including noise, vibration and dust, characteristic of technological processes in mining enterprises. Industrial noise above 90 dBA and dust in the form of suspended and fine particles causes dysfunction of the cardiovascular system and respiratory organs.

The aim of the study is to assess the impact of harmful physical factors and industrial dust on changes in some biochemical and functional indicators of the cardiovascular system and respiratory system of employees of the enterprise for underground mining of ore.

Materials and methods. The assessment of working conditions of workers engaged in underground mining and processing of chrome ores, the analysis of industrial dust on the dimension and quantitative content of fine particles PM10 and PM2.5, the study of biochemical parameters of lipid metabolism, oxidant and antioxidant systems, indicators of respiratory function. **Results.** Harmful working conditions (class 3.1–3.4) in terms of noise and vibration were revealed at the workplaces of employees of the main specialties observation group. In the air of the working zone, the highest content of fine particles PM2.5 (2.68 ± 0.54 mg/m³) and PM10 (4.64 ± 0.93 mg/m³) was established at the site of drilling operations and cleaning of the bottom-hole space. Deviations of biochemical parameters characterizing intensification of free radical processes and antioxidant protection, imbalance of lipid spectrum parameters, and violation of functional parameters of external respiration were revealed. A high degree of connection with the working conditions of the frequency of increased levels of lipid hydroperoxide and antioxidant activity (EF=60.71–65.84%) was established.

Conclusions. In high noise level (more than 94 dBA), general and local vibration (more than 116 and 127 dB respectively) and the content of fine particles PM2.5 (more of 2.14 mg/m³) and PM10 (over of 3.71 mg/m³) at underground mining of chrome ore workers have identified abnormalities in the form of increase 1.6 times the level of lipid hydroperoxides and total antioxidant activity, reducing to 1.2 times the level of high density lipoprotein, improving 1.2–1.3 times of low-density lipoproteins, triglycerides, and atherogenic index in blood serum, peak expiratory flow. A high degree of professional conditioning have the frequency of increasing the level of lipid hydroperoxide in blood serum and antioxidant activity of blood plasma.

Keywords: underground ore mining; noise; vibration; industrial dust; particles PM10 and PM2.5; cardiovascular system; respiratory organs

For citation: Zemlyanova M.A., Koldibekova Yu.V., Ukhov V.M. The influence of harmful physical factors and industrial dust on changes in some biochemical and functional indicators of the cardiovascular system and respiratory system in workers engaged in underground mining of ore. *Med. truda i prom. ekol.* 2019; 59 (10). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-11-920-925>

For correspondence: Marina A. Zemlyanova, Head of Department of biochemical and cytogenetic methods of diagnostics of Federal Scientific Center of Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Dr. of Sci. (Med.). E-mail: zem@fcrisk.ru

Funding. The study had no funding.

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

Введение. Укрепление здоровья работающего населения — одна из важнейших государственных задач, решение которой направлено на обеспечение стабильного социально-экономического развития России [1].

Здоровье работающих определяется не только социальными и индивидуальными факторами, но и теми рисками, которые формируются производственными факторами, в том числе шумом, вибрацией и пылью [2–4]. Данные факторы характерны для технологических процессов на предприятиях по добыче полезных ископаемых, где выемку руды производят исключительно с помощью буровзрывных работ. Шум и вибрация, производственная пыль, возникающие при буровзрывных работах, выемке, погрузке и разгрузке горных пород, дроблении с использованием различной техники и оборудования, могут достигать уровней, опасных для здоровья [5,6].

Шум является одним из наиболее распространенных вредных физических факторов, присутствующих на рабочих местах [7]. По данным Росстата за 2016–2017 Гг. доля работников, занятых на работах с воздействием шума, ультра- и инфразвука составляет порядка 18,0%¹. Производственный шум на уровне свыше 90 дБА способствует нарушению функции сердечно-сосудистой системы [7]. По данным российских исследований установлено, что у шахтеров наиболее распространена артериальная гипертензия II степени с высоким риском развития сердечно-сосудистых заболеваний, которые занимают первое место среди всех причин смертности населения [8].

Производственная пыль представляет собой мелкораздробленные твердые частицы, находящиеся в воздухе рабочих помещений во взвешенном состоянии в виде аэрозоля. Особую опасность представляют респираторные пылинки диаметром ≤ 10 мкм (PM10 и PM2,5) и ультрамелкодисперсные частицы с размером 0,1–0,001 мкм (PM0,1), способные проникать в альвеолы, периферии легкого и кровотока, из которого далее

поступают в ткани организма человека [9]. В зарубежных исследованиях показано, что длительное воздействие PM2,5 и PM10, не превышающих европейские нормативы (менее 25 мкг/м³ и 40 мкг/м³ соответственно), способствовало возникновению инфаркта миокарда и нестабильной стенокардии, обострению кардиометаболических расстройств, что в конечном счете, может привести к увеличению риска летального исхода от сердечно-сосудистых заболеваний [10,11]. Кроме этого, среди заболеваний шахтеров распространена пылевая патология легких [6]. В ряде отечественных исследований выявлено снижение вентиляционных показателей у шахтеров на 10–20% от исходных величин, что позволило отнести данную группу к категории повышенного риска развития хронического пылевого бронхита [6].

Воздействие мелкодисперсных частиц, содержащих металлы, часто приводит к изменению окислительно-антиоксидантного баланса в сторону увеличения продукции активных форм кислорода и нарушения митохондриальной функции клеток-мишеней. Это обуславливает развитие клеточного стресса, сопровождающегося метаболическими или морфологическими нарушениями [12].

В связи с этим, актуальным является детализация нарушений функциональных и биохимических показателей органов дыхания и сердечно-сосудистой системы у работников подземных способов добычи полезных ископаемых.

Цель исследования — оценка влияния вредных физических факторов и производственной пыли на изменения некоторых биохимических и функциональных показателей состояния сердечно-сосудистой системы и органов дыхания у работников предприятия по подземной добыче руды.

Материалы и методы. Объектом исследования являлись работники профильных специальностей, занятые на выполнении подземных горных работ по добыче и переработке хромовых руд: проходчик, горнорабочий, машинист буровой установки и скреперной лебедки, бурильщик шпуров, дробильщик. Основными вредными производственными факторами

¹ Российский статистический ежегодник. 2018: стат. сб. Росстат. М.; 2018.

на рабочих местах являются: физические факторы — шум, вибрация, охлаждающий микроклимат; химические — пыль, содержащая кремний, хром, железо, алюминий, магний; трудового процесса — высокая степень статической и динамической нагрузки, психоэмоционального напряжения.

Оценка условий труда работников на рабочих местах (содержание хрома (VI) в воздухе рабочей зоны, уровня шума и вибрации, тяжести и напряженности труда, охлаждающего микроклимат) осуществлена на основании актов специальной оценки условий труда (СОУТ) в соответствии с критериями и классификацией условий труда [4]. Натурные исследования воздуха рабочей зоны на содержание взвешенных веществ, частиц РМ10 и РМ2,5 выполнены специалистами отдела химико-аналитических методов исследования ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения». Отбор пыли производился на фильтры АФА-ВП-20-2 в 6 точках: точка 1 — комната ожидания 1, точка 2 — ортзаезд (место проведения буровых работ, сбора и перемещения добытой руды к транспортной магистрали), точка 3 — комната ожидания 2, точка 4 — дробилка руды/разгрузка вагонов, точка 5 — дозаторная, точка 6 — загрузка вагонов. Отобранные пробы анализировали методом лазерной дифракции на лазерном анализаторе Microtrac S3500 (Microtrac Inc., США).

Группа наблюдения включала 77 работников, средний возраст которых составил $39,3 \pm 9,0$ года, средний стаж — $9,7 \pm 8,4$ года. Группу сравнения (работники, не подвергающиеся воздействию исследуемых производственных факторов) составили 49 работников — специалисты административно-управленческого персонала предприятия. Средний возраст работников группы сравнения — $37,5 \pm 7,9$ года, средний стаж — $11,0 \pm 7,1$ года. Изучаемые выборки были сопоставимы по образу жизни, социально-бытовым условиям и уровню материальной обеспеченности.

Работа выполнена в соответствии с этическими принципами проведения медицинских исследований с участием человека Хельсинской декларации Всемирной медицинской ассоциации с дополнениями от 2013 г. и получением информированного письменного согласия работника на участие в исследовании.

Объем исследований, выполненных у работников, включал показатели, определяемые унифицированными биохимическими и иммуноферментными методами, позволяющими оценить состояние липидного обмена по содержанию общего холестерина, липопротеидов низкой (ЛПНП) и высокой (ЛПВП) плотности, триглицеридов, липопротеина(а) и гомоцистеина в сыворотке крови, индексу атерогенности; оксидантной и антиоксидантной системы по содержанию гидроперекиси липидов и супероксиддисмутазы в сыворотке крови, малонового диальдегида (МДА) и общей антиоксидантной активности (АОА) в плазме крови; состояние сосудов по уровню фактора роста эндотелия сосудов в сыворотке крови. Исследования выполнены с помощью автоматических биохимического «Keylab» (BPC+Biose, Италия), иммуноферментных «Infinite F50» и «Sunrise» (Tecan, Австрия) анализаторов, спектрофотометра ПЭ-5300В (Экохим, Россия). В качестве критериев оценки отклонений лабораторных показателей использованы возрастные физиологические уровни и уровни показателей у работников группы сравнения. Оценка функции внешнего дыхания выполнена специалистами консультативно-поликлинического отделения профцентра ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» на спирометре Schiller PSpirmetry с применением датчика SP-260 (Schiller AG, Швейцария) с использованием для

расчета стандарта по Knudson, учитывающего показатели форсированной жизненной емкости легких, объем форсированного выдоха за первую секунду, индекс Тиффно, пиковый экспираторный поток и объемную форсированную скорость выдоха 25%, 50%, 75%.

Для описания количественных признаков использованы значения среднего (М) и ошибки репрезентативности (m), так как предварительное исследование распределения случайных величин, соответствующих анализируемым показателям, показало их согласованность с законом нормального распределения. Статистическая обработка данных проведена с помощью пакета статистического анализа Statistica 8.0, сопряженного с приложениями MS-Office (MS Excel 2007). Различия являлись значимыми при вероятности ошибочного отклонения нулевой гипотезы $p \leq 0,05$ [13]. Оценка связи частоты отклонений показателей с условиями труда осуществлялась по расчету относительного риска (RR) и этиологической доли ответов (EF), обусловленной воздействием вредного производственного фактора² [14].

Результаты. По результатам специальной оценки условий труда установлено, что на основных рабочих местах работников группы наблюдения условия труда являются вредными (класс 3.1–3.4).

Наибольшее содержание взвешенных частиц зарегистрировано в воздухе рабочей зоны дозаторной (точка 5), частиц РМ2,5 — в месте проведения буровых работ (точка 2), частиц РМ10 — в местах очистки призабойного пространства от горной массы (точки 4 и 5) (табл. 1).

Анализ фракционного состава пылевых частиц в воздухе рабочей зоны показал, что средний размер частиц в точках 1 и 2 составил от 10,2 до 12,07 мкм, в точках 3 и 4 — от 13,5 до 44,0 мкм; в точке 5 преобладала фракция размером около 5,4 мкм, в точке 6 — от 2,03 мкм до 12,44 мкм.

С учетом периода экспозиции у работников группы наблюдения выявлено, что эквивалентные уровни шума на рабочих местах изучаемых специальностей составили 65–114 дБА. Интенсивность воздействия шума на рабочем месте проходчика достигает 114,9 дБА, бурильщика шпуров — 114,6 дБА, машиниста буровой установки — 108,2 дБА, машиниста скреперной лебедки — 96,1 дБА, крепильщика — 94,4 дБА, что на 14,4–34,9 дБА выше предельно допустимого уровня (ПДУ³ 80 дБА). Условия труда по уровню шума на рабочем месте проходчика, бурильщика шпуров, машиниста буровой установки отнесены к вредным (класс 3.4), машиниста скреперной лебедки к вредным (класс 3.2); горнорабочего и горного мастера — к допустимым (класс 2).

Локальная вибрация на рабочих местах проходчика и бурильщика шпуров составила 135 дБ, что на 9 дБ превысило предельный допустимый уровень (ПДУ 126 дБ), а общая вибрация — 127 дБ и 119 дБ соответственно (ПДУ 115 дБ), что определило отнесение условий труда по данному фактору к вредным (класс 3.3). На рабочем месте машиниста скреперной лебедки уровень локальной вибрации составил 127 дБ, общей вибрации — 116 дБ, что соответствует вредным условиям (класс 3.1). Вибрация общая и локальная на рабочем месте машиниста буровой установки и крепильщика не превышала гигиенических нормативов, условия труда оценены как допустимые (класс 2).

² Профессиональный риск: Электронный интерактивный директори-справочник. Э.И. Денисов, И.В. Степанян, М.Ю. Челищев; 2011. <http://medtrud.com/>.

³ СанПиН 2.2.4.3359-16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах КОДЕКС: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. <http://docs.cntd.ru/document/420362948>.

Таблица 1 / Table 1

Содержание взвешенных веществ и мелкодисперсных частиц в воздухе рабочей зоны в точках обследования
The content of suspended solids and fine particles in the air of the working area at the survey points

Точка отбора	PM 2,5, мг/м ³	PM 10, мг/м ³	Взвешенные вещества, мг/м ³
т. 1 Комната ожидания 1	0,285 ± 0,057	0,587 ± 0,117	0,704 ± 0,169
т. 2 Ортзаезд*	2,680 ± 0,536	2,910 ± 0,582	4,007 ± 0,962
т. 3 Комната ожидания 2	0,064 ± 0,013	0,100 ± 0,020	0,443 ± 0,106
т. 4 Дробилка/разгрузка вагонов	1,835 ± 0,367	3,195 ± 0,639	4,324 ± 1,038
т. 5 Дозаторная	2,145 ± 0,429	4,635 ± 0,927	6,684 ± 1,604
т. 6 Загрузка вагонов	0,469 ± 0,094	0,621 ± 0,124	2,016 ± 0,484

Примечание: * — измерения проводили после бурения отверстий под взрывчатку

Note: * — measurements were made after drilling holes for explosives

Таблица 2 / Table 2

Сравнительный анализ отдельных биохимических показателей у работников предприятия по подземной добыче хромовой руды
Comparative analysis of individual biochemical parameters of employees of the enterprise for underground mining of chrome ore

Показатель	Физиологическая норма	Среднее значение (M±m)		Достоверность различий средних (p≤0,05)
		Группа наблюдения (n=77)	Группа сравнения (n=49)	
МДА, мкмоль/см ³	1,8–2,5	2,96±0,15*	3,15±0,19	0,132
Гидроперекиси липидов, мкмоль/дм ³	0–350	209,35±66,2	129,79±32,0	0,035**
АОА, %	36,2–38,6	37,99±1,23	34,08±1,74	0,001**
Триглицериды, ммоль/дм ³	0,3–1,7	1,71±0,25	1,38±0,20	0,043**
Холестерин ЛПВП, ммоль/дм ³	1,42–10	1,36±0,08	1,58±0,16	0,014**
Холестерин ЛПНП, ммоль/дм ³	0–3,9	3,25±0,18	2,82±0,22	0,003**
Холестерин ЛПОНП, ммоль/дм ³	0,26–1,04	0,78±0,11	0,66±0,11	0,126
Холестерин общий, ммоль/дм ³	0–5,16	5,05±0,24	4,95±0,28	0,603
Индекс атерогенности	1,98–2,51	3,02±0,29*	2,29±0,23	0,0001**
Липопротеин(а), мг/100 см ³	0–14	54,08±16,5*	30,87±7,99	0,013**
Гомоцистеин, мкмоль/дм ³	6,26–15,01	10,85±0,92	9,50±5,59	0,335
Фактор роста эндотелия сосудов, пг/см ³	10–700	190,66±35,9	222,66±51,8	0,311

Примечания: * — достоверность различий с физиологической нормой; ** — достоверность различий с показателями группы сравнения.

Notes: * — reliability of differences with physiological norm; ** — reliability of differences with indicators of comparison group.

При осуществлении технологических операций важную роль приобретает сочетание вибрации и пониженной температуры воздуха. На всех рабочих местах установлена пониженная температура воздуха и условия труда по фактору «микроклимат» оценены как вредные (класс 3.3.). Имеющаяся общая физическая нагрузка, а также перемещение груза, нахождение в неудобной (фиксированной) позе определили условия труда работников как «вредные» с классом условий труда по тяжести трудового процесса 3.2 у проходчика, бурильщика шпуров, машиниста скреперной лебедки, у горнорабочего, крепильщика, машиниста буровой установки; с классом условий труда 3.1 — у горного мастера.

Установлено, что среднесменные концентрации хрома (VI) в воздухе исследуемых рабочих мест не превышали ПДК.

У работников группы наблюдения обращает на себя внимание повышенный в 1,2 раза уровень МДА плазмы крови относительно верхней границы физиологической нормы ($p=0,0001$) и в 1,6 раза гидроперекиси липидов в сыворотке крови относительно аналогичного показателя в группе сравнения ($p=0,035$) (табл. 2).

Установлено преимущественное повышение общей АОА плазмы крови у работников группы наблюдения от-

носительно аналогичного показателя в группе сравнения ($p=0,001$). Частота регистрации проб с повышенной АОА составила 52,0 % случаев, что в 2,5 раза выше показателя в группе сравнения (20,8 % проб, $p=0,001$).

У работников группы наблюдения выявлено снижение уровня ЛПВП в сыворотке крови в 1,2 раза относительно аналогичного показателя в группе сравнения ($p=0,014$). Частота регистрации проб с пониженным значением ЛПВП составила 61,8 % при 50,0 % проб в группе сравнения ($p=0,001$). Обращает на себя внимание повышение уровня ЛПНП, триглицеридов в сыворотке крови и индекса атерогенности относительно аналогичных показателей в группе сравнения (в 1,2–1,3 раза, $p=0,0001$ –0,043). Частота регистрации проб с повышенным значением индекса атерогенности составила 57,9% случаев, что в 1,7 раза выше значения в группе сравнения ($p=0,0001$). Выявлено повышение в 3,8 раза уровня липопротеина (а) в сыворотке крови относительно верхней границы нормы ($p=0,0001$), что свидетельствует о возможном наличии деструктивных атеросклеротических процессов в сосудистой стенке⁴.

⁴ Ярец Ю.И. Биохимические тесты в практической медицине: практическое пособие для врачей: в 2 частях. Ю.И. Ярец. Часть II. Гомель; 2016.

Таблица 3 / Table 3

Распространенность изменений биохимических показателей и их степень связи с условиями труда работников по добыче хромовой руды
The prevalence of changes in biochemical parameters and their degree of connection with the working conditions of workers in the extraction of chrome ore

Биохимический показатель	Распространенность, %		Отношение рисков (RR), CI	Этиологическая доля (EF), %	Степень связи с условиями труда
	группа наблюдения	группа сравнения			
Гидроперекиси липидов	30,0	10,0	2,93 1,2–7,1	65,84	Высокая
Антиоксидантная активность	52,0	20,8	2,55 1,4–4,4	60,71	Высокая
Холестерин ЛПВП	61,8	30,0	2,03 1,3–3,1	50,89	Средняя
Индекс атерогенности	57,9	33,3	1,81 1,4–2,3	44,80	Средняя

Данные углубленного обследования позволили выявить статистически достоверные связи частоты отклонений биохимических показателей у работников с условиями труда. Высокую степень связи профессиональной обусловленности имеют повышенный уровень гидроперекиси липидов в сыворотке крови и антиоксидантная активность плазмы крови, среднюю степень связи — ЛПВП в сыворотке крови и индекс атерогенности (табл. 3).

При оценке функции внешнего дыхания по данным спирометрии значимых отклонений изучаемых показателей от физиологической нормы и показателей группы сравнения не выявлено. Обращает на себя внимание достоверное снижение показателя пикового экспираторного потока ($95,1 \pm 6,6\%$) у работников группы наблюдения относительно аналогичного показателя в группе сравнения ($p=0,030$).

Обсуждение. Анализ результатов идентификации вредных производственных факторов показал, что приоритетными факторами на рабочих местах работников, занятых подземной добычей хромовой руды, являются физические (сочетание производственного шума до 114,9 дБА, общей и локальной вибрации до 135,0 дБ) и химические (пыль).

Все этапы добычи руды в шахте сопровождаются интенсивным пылеобразованием, при этом первичными источниками пыли являются дробление и взрывание горной массы [5]. В точках обследования наибольшее содержание взвешенных веществ и мелкодисперсных частиц PM10 приходится на место бурения отверстий под взрывчатку и очистку призабойного пространства. Вторичным источником пылеобразования является погрузка, транспортировка, выгрузка сырья, при которых имеет место взметывание пыли [5], при этом наблюдается наибольшее содержание мелкодисперсных частиц PM2,5. Отсутствие достоверных различий большинства показателей функции внешнего дыхания и незначительное снижение пикового экспираторного потока у работников группы наблюдения относительно группы сравнения может свидетельствовать об эффективном использовании средств индивидуальной защиты органов дыхания работниками производства.

Обобщение полученных результатов исследований отдельных биохимических показателей состояния антиоксидантной защиты организма и липидного спектра показало, что у работников профильных специальностей наблюдается интенсификация свободно-радикальных процессов в виде повышения уровня гидроперекиси липидов в сыворотке крови. В ответ на усиление окислительного стресса наблюдается повышение уровня общей АОА плазмы крови. Интенсификация свободно-радикального окисления может

являться причиной повреждения эндотелия сосудов [15], о чем свидетельствует повышение индекса атерогенности, ЛПНП, триглицеридов и снижение уровня ЛПВП в сыворотке крови у работников группы наблюдения. Полученные данные согласуются с результатами отечественных исследований, свидетельствующих о прогрессировании эндотелиальных поражений в начальных стадиях, ассоциированных с накоплением продуктов окисления [15] и наличия у подавляющего большинства шахтеров дислипидемии [6,7].

Установленная высокая и средняя степень профессиональной обусловленности отклонения биохимических показателей оксидантно-антиоксидантных процессов (гидроперекиси липидов и антиоксидантная активность) и липидного обмена (холестерин ЛПВП и индекс атерогенности) условиями труда подтверждает данные о том, что окислительные метаболические изменения являются пусковым повреждающим фактором становления сосудистого стресса [15] в виде механического действия на стенки сосудов, их растяжения и атрофии⁵.

Установленные биохимические показатели (гидроперекиси липидов, общая антиоксидантная активность, холестерин ЛПВП и индекс атерогенности) целесообразно использовать в программах профилактики для работников предприятий по подземной добыче руды, условия труда которых характеризуются повышенным уровнем шума, вибрации и пылеобразования.

Выводы:

1. При подземной добыче хромовой руды на рабочих местах работников основных специальностей технологического процесса (проходчик, бурильщик шпуров, машинист буровой установки и скреперной лебедки, крепильщик) уровень шума превысил предельно допустимый уровень до 34,9 дБА, вибрации общей и локальной — до 9–12 дБА; условия труда отнесены к вредным (класс 3.1–3.4).

2. В воздухе рабочей зоны работников основных профессий по производству подземной добыче руды наибольшее содержание мелкодисперсных частиц PM2,5 и PM10 установлено на рабочих местах проведения буровых работ, очистки призабойного пространства от горной породы.

3. При уровне шума более 94 дБА, общей и локальной вибрации более 116 и 127 дБ соответственно и наличии мелкодисперсной пыли в воздухе рабочей зоны работников подземной добыче руды выявлены снижение пикового экспи-

⁵ Глазков А.А. Роль окислительного стресса в повреждении сосудов при артериальной гипертензии. Научное сообщество студентов XXI столетия. естественные науки: сб. ст. по мат. L междунар. студ. науч.-практ. конф. 3(51). [https://sibac.info/archive/nature/3\(49\).pdf](https://sibac.info/archive/nature/3(49).pdf)

раторного потока и повышение в 1,6 раза уровня гидроперекиси липидов и общей АОА плазмы крови; снижение в 1,2 раза уровня ЛПВП и повышения в 1,3 раза уровня ЛПНП, триглицеридов в сыворотке крови и индекса атерогенности.

4. Повышение уровня гидроперекиси липидов в сыворотке крови и антиоксидантной активности плазмы крови имело высокую степень связи с условиями труда ($EF=60,71-65,84\%$), повышение уровня холестерина ЛПВП и индекса атерогенности — среднюю степень связи ($EF=44,80-50,89\%$).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Измеров Н.Ф., Бухтияров И.В., Прокопенко Л.В. Концепция осуществления государственной политики, направленной на сохранение здоровья работающего населения России на период до 2020 года и дальнейшую перспективу. *Здоровье населения и среда обитания*. 2014; 9 (258): 4–7.

2. Здоровье работающих: глобальный план действий на 2008–2017 гг. Принят Шестидесятой сессией Всемирной ассамблеи здравоохранения 23 мая 2007 г. Available at: https://www.who.int/occupational_health/publications/global_plan/ru/.

3. Информационный бюллетень. Охрана здоровья на рабочем месте. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ). 30 ноября 2017 г. <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/protecting-workers-health>.

4. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда: Руководство. Р 2.2.2006–05. М.; 2005.

5. Измеров Н.Ф. ред. *Российская энциклопедия по медицине труда*. М.: Медицина; 2005.

6. Мартынова Н.А., Кислицына В.В. Профессиональная заболеваемость шахтеров (обзор литературы). *Здоровье. Медицинская экология. Наука*. 2017; 5: 46–52. DOI: 10.5281/zenodo.1115460.

7. Измеров Н.Ф. ред. *Профессиональная патология: национальное руководство*. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2011.

8. Качество атмосферного воздуха и здоровье. Информационный бюллетень. Всемирная организация здравоохранения; 2016. <http://www.whogis.com/mediacentre/factsheets/fs313/ru/>

9. Kaufman Joel D., Adar Sara D., Allen Ryan W., Barr R. Graham, Budoff Matthew J., Burke Gregory L. et al. Prospective study of particulate air exposure, subclinical atherosclerosis, and clinical cardiovascular disease. *Circulation*. 2010; 121: 2755–65.

10. Cesaroni G., Forastiere F., Stafoggia M. et al. Long term exposure to ambient air pollution and incidence of acute coronary events: prospective cohort study and meta-analysis in 11 European cohorts from the ESCAPE Project. *BMJ*. 2014; 348: f7412. DOI: 10.1136/bmj.f7412.

11. Pope C.A., Turner M.C., Burnett R. et al. Relationships between fine particulate air pollution, cardiometabolic disorders and cardiovascular mortality. *Circ. Res.* 2015; 116 (1): 108–15. DOI: 10.1161/CIRCRESAHA.116.305060.

12. Колпакова А.Ф., Шарипов Р.Н., Волкова О.А. Влияние загрязнения атмосферного воздуха взвешенными веществами на сердечно-сосудистую систему. *Сибирский медицинский журнал*. 2015; 30(3): 7–12.

13. Гланц С. *Медико-биологическая статистика*. М.: Практика; 1998.

14. Денисов Э.И. Шум на рабочем месте: ПДУ, оценка риска и прогнозирование потери слуха. *Анализ риска здоровью*. 2018; 3: 13–23. DOI: 10.21668/health.risk/2018.3.02

15. Горшунова Н.К., Медведев Н.В., Рахманова О.В. Роль изменений окислительно-восстановительных реакций патогенезе эндотелиальной дисфункции разной степени тяжести при артериальной гипертензии. *Курский научно-практический вестник «Человек и его здоровье»*. 2018; 2: 20–6. DOI: 10.21626/vestnik/2018-2/03.

REFERENCES

1. Izmerov N.F., Bukhtiyarov I.V., Prokopenko L.V. Implementation concept of the state policy aimed at preserving health of Russia working population up to the year 2020 and beyond. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*. 2014; 9(258): 4–7 (in Russian).

2. Workers health: global plan of action. WHO. Sixtieth world health assembly. 23 May 2007. Available at: https://www.who.int/occupational_health/publications/global_plan/ru/ (in Russian).

3. Protecting workers' health. WHO. *Detail*. 30 November 2017. Available at: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/protecting-workers-health>. (in Russian).

4. *Rukovodstvo po gigenicheskoj ocenke faktorov rabochej sredy i trudovogo processa. Kriterii i klassifikacija uslovij truda: Rukovodstvo*. R 2.2.2006–05. M.; 2005 (in Russian).

5. Izmerov N.F. *Russian encyclopedia of occupational medicine*. Moscow: Medicina; 2005 (in Russian).

6. Martynova N.A., Kislitsyna V.V. The occupational morbidity of the miners (literature review). *Health medical ecology*. 2017; 5(72): 46–52 DOI: 10.5281/zenodo.1115460. (in Russian).

7. Izmerov N.F. *Occupational pathology: national leadership*. Moscow: GEOTAR-Media; 2011. (in Russian).

8. Ambient (outdoor) air quality and health. Fact sheet. World Health Organization. 2016. <http://www.whogis.com/mediacentre/factsheets/fs313/ru/>.

9. Kaufman Joel D., Adar Sara D., Allen Ryan W., Barr R. Graham, Budoff Matthew J., Burke Gregory L. et al. Prospective study of particulate air exposure, subclinical atherosclerosis, and clinical cardiovascular disease. *Circulation*. 2010; 121: 2755–65.

10. Cesaroni G., Forastiere F., Stafoggia M. et al. Long-term exposure to ambient air pollution and incidence of acute coronary events: prospective cohort study and meta-analysis in 11 European cohorts from the ESCAPE Project. *BMJ*. 2014; 348: f7412.

11. Pope C.A., Turner M.C., Burnett R. et al. Relationships between fine particulate air pollution, cardiometabolic disorders and cardiovascular mortality. *Circ. Res.* 2015; 116 (1): 108–15. DOI: 10.1161/CIRCRESAHA.116.305060.

12. Kolpakova A.F., Sharipov R.N., Volkova O.A. The impact of air pollution on the cardiovascular system. *Sibirskij medicinskij zhurnal*. 2015; 30 (3): 7–12 (in Russian).

13. Glanc S. *Mediko-biologicheskaja statistika*. M.: Praktika; 1998 (in Russian).

14. Denisov E.I. Noise at a workplace: permissible noise levels, risk assessment and hearing loss prediction. *Health Risk Analysis*. 2018; 3: 13–23 (in Russian).

15. Gorshunova N.K., Medvedev N.V., Rakhmanova O.V. Role of oxidative reactions changes in the pathogenesis of endothelial dysfunction of different severity in arterial hypertension. *Kursk Scientific and Practical Bulletin «Man and His Health»*. 2018; (2): 20–6. DOI: 10.21626/vestnik/2018-2/03 (in Russian).

Дата поступления / Received: 16.08.2019

Дата принятия к печати / Accepted: 01.11.2019

Дата публикации / Published: 28.11.2019

Особенности факторов риска развития производственно обусловленной патологии у работников металлургического производства

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», ул. Монастырская, 82, Пермь, Россия, 614045;

Введение. Актуальность исследования сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) как производственно обусловленной патологии у работающих на промышленных предприятиях обусловлена наличием в технологическом процессе производственных факторов (шум, общая вибрация, микроклимат, тяжесть труда, химические факторы), потенциально способных провоцировать развитие ССЗ.

Цель исследования — оценка респираторных и метаболических нарушений, являющихся факторами риска развития ССЗ, у работающих в условиях воздействия пыли, хлора и хлороводорода.

Материалы и методы. Обследованы 139 пациентов, работающих в условиях воздействия пыли, хлора и хлороводорода. Среди обследованных 74 женщины и 65 мужчин. Группа сравнения (45 человек) состояла из 20 женщин и 25 мужчин, которые в процессе трудовой деятельности не подвергались воздействию вредных факторов производства.

Результаты. В группе работников, подвергающихся профессиональному воздействию пыли, паров хлора и гидрохлорида, выявлено, что доля работников с артериальной гипертензией составила 33,3%, в группе сравнения — 17,6%, $p < 0,05$ (RR 1,99; 95% CI 1,01–3,93; EF=47%; степень профессиональной обусловленности средняя). Объем форсированного выдоха за 1 секунду (ОФВ1) в группе наблюдения составил $3,18 \pm 0,14$ л, а в группе сравнения — $4,1 \pm 0,20$ л ($p < 0,001$). Уровень общего холестерина в группе наблюдения составил $5,72 \pm 0,13$ ммоль/л, а в группе сравнения — $5,16 \pm 0,23$ ммоль/л ($p < 0,05$). В группе наблюдения было выявлено снижение ЛПВП ($1,35 \pm 0,04$ ммоль/л против $1,64 \pm 0,10$ ммоль/л в группе сравнения, $p < 0,05$) и повышение триглицеридов ($2,3 \pm 0,17$ ммоль/л против $1,51 \pm 0,16$ ммоль/л в группе сравнения, $p < 0,05$).

Заключение. В группе работников, подвергающихся профессиональному воздействию пыли, паров хлора и гидрохлорида, выявлено снижение скоростных параметров функции внешнего дыхания, развитие проатерогенных метаболических нарушений, повышение лабораторных показателей воспаления. Указанные изменения могут приводить к раннему манифестированию сердечно-сосудистой и респираторной патологии у данной категории работников.

Ключевые слова: металлургическое производство; производственно обусловленная патология; пыль; хлор; гидрохлорид

Для цитирования: Власова Е.М., Полевая Е.А., Порошина М.М., Тиунова М.И., Алексеев В.Б. Особенности факторов риска развития производственно обусловленной патологии у работников металлургического производства. *Мед. труда и пром. экол.* 2019; 59 (11). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-11-926-930>

Для корреспонденции: Власова Елена Михайловна, зав. центром профпатологии ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», канд. мед. наук. E-mail: vlasovaem@fcrisk.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Elena M. Vlasova, Poleyeva E.A., Mariya M. Poroshina, Mariya I. Tiunova, Vadim B. Alekseev

Features of risk factors of development of the production caused pathology at workers of metallurgical production

Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, 82, Monastyrskaya str., Perm, Russia, 614045

Introduction. The relevance of the study of cardiovascular diseases (CVD) as a production-related pathology in workers at industrial enterprises is due to the presence in the technological process of production factors (noise, general vibration, microclimate, severity of labor, chemical factors), potentially capable of provoking the development of CVD.

The aim of the study was to assess respiratory and metabolic disorders, which are risk factors for CVD, in workers exposed to dust, chlorine and hydrogen chloride.

Materials and methods. 139 patients working under the influence of dust, chlorine and hydrogen chloride were examined. Among the surveyed 74 women and 65 men. The comparison group (45 people) consisted of 20 women and 25 men who were not exposed to harmful factors of production during their working life.

Results. In the group of workers exposed to occupational exposure to dust, chlorine and hydrochloride vapors, it was revealed that the proportion of workers with arterial hypertension was 33.3%, in the comparison group—17.6%, $p < 0.05$ (RR 1.99; 95% CI 1.01–3.93; EF=47%; the degree of professional conditioning is average). The volume of forced exhalation per 1 second (FEV1) in the observation group was 3.18 ± 0.14 l, and in the comparison group— 4.1 ± 0.20 l ($p < 0.001$). The level of total cholesterol in the observation group was 5.72 ± 0.13 mmol / l, and in the comparison group— 5.16 ± 0.23 mmol / l ($p < 0.05$). The observation group showed a decrease in HDL (1.35 ± 0.04 mmol / l vs. 1.64 ± 0.10 mmol / l in the comparison group, $p < 0.05$) and an increase in triglycerides (2.3 ± 0.17 mmol/l versus 1.51 ± 0.16 mmol/l in the comparison group, $p < 0.05$).

Conclusions. In the group of workers exposed to professional dust, chlorine and hydrochloride vapors, a decrease in the speed parameters of the external respiratory function, the development of proatherogenic metabolic disorders, and an increase in laboratory indicators of inflammation were revealed. These changes can lead to early manifestation of cardiovascular and respiratory pathology in this category of workers.

Keywords: metallurgical production; industrial pathology; dust; chlorine; hydrochloride

For citation: Vlasova E.M., Polevaya E.A., Poroshina M.M., Tiunova M.I., Alekseev V.B. Features of risk factors of development of the production caused pathology at workers of metallurgical production. *Med. truda i prom. ekol.* 2019; 59 (11). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-11-926-930>

For correspondence: Elena M. Vlasova, Head of the Center for Occupational Pathology Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Dr. of Sci. (Med.) E-mail: vlasovaem@fcrisk.ru

Funding. The study had no funding.

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

Введение. Патология сердечно-сосудистой системы является актуальной проблемой для современной медицины труда. По распространенности и тяжести осложнений данные заболевания продолжают занимать ведущее место среди причин инвалидизации и преждевременной смертности [1].

В структуре смертности трудоспособного населения России сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) занимают ведущее место (57%). Около 40% людей в России умирают в активном трудоспособном возрасте. В настоящее время ССЗ атеросклеротического генеза признаны полифакторными. Согласно принятой концепции факторов риска развития ССЗ, к таковым относят факторы, которые не являются строго этиологическими для данного заболевания, но достоверно повышают вероятность его развития. Актуальность исследования ССЗ как производственно-обусловленной патологии у работающих на промышленных предприятиях обусловлена наличием в технологическом процессе вредных производственных факторов (шум, общая вибрация, микроклимат, тяжесть труда, химические факторы), потенциально способных провоцировать развитие ССЗ [2].

Согласно современной концепции развития ССЗ, детерминированных воздействием химических веществ окружающей среды [3,4], существует три основных патогенетических механизма реализации негативного эффекта токсикантов промышленного происхождения: развитие дисфункции вегетативной нервной системы, сформированное системной воспалительной реакцией и инициация эндотелиальной дисфункции. Определенную роль в данном процессе играет сопутствующее нарушение функции печени при воздействии вредных производственных факторов. Реализация данных эффектов, предположительно, происходит путем сопряжения асептической воспалительной реакции дистальных отделов воздухоносных путей и сосудистого русла [3].

Цель исследования — оценка респираторных и метаболических нарушений, являющихся факторами риска развития ССЗ, у работающих в условиях воздействия пыли, хлора и хлороводорода.

Материалы и методы. Группу наблюдения составили 87 работников титаномагниевого производства: прокатчик, плавильщик, электролизник расплавленных солей, хлораторщик, разлищик цветных металлов, электромонтер по ремонту и обслуживанию электрического оборудования, слесарь-ремонтник, электрослесарь-контактчик, мастер, начальник отделения, старший мастер. Средний возраст работников группы наблюдения 36,8±8,7 года, средний стаж — 11,9±7,4 года. Группу сравнения (работающие в условиях отсутствия воздействия исследуемых производственных факторов) составили 51 работник — административный персонал. Средний возраст груп-

пы сравнения составил 37,4±7,6 года, средний стаж — 12,3±4,4 года ($p>0,05$ по среднему возрасту и стажу относительно группы наблюдения). Группы были сопоставимы по факторам образа жизни, социальным факторам, индексу массы тела.

Условия труда работников титано-магниевого производства характеризуются сочетанным воздействием химического фактора (хлор, гидрохлорид, сера и ее соединения), производственного шума, неблагоприятного микроклимата, низкого уровня искусственной освещенности рабочих поверхностей, тяжести труда. Концентрация хлора на рабочих местах работников группы наблюдения составляла 1,2–7,5 мг/м³ (ПДК 1,0 мг/м³), гидрохлорида 2,2–11,3 мг/м³ (ПДК 5 мг/м³), серы диоксида 5,34 мг/м³ (ПДК 10 мг/м³), уровень шума достигал 74–87 дБА (ПДУ 80 дБА). Тяжесть труда у большинства работников группы наблюдения соответствовала классу 3, что определялось длительным пребыванием в фиксированной позе стоя (до 75% рабочего времени).

Методы исследования включали: осмотр терапевта, исследование функции внешнего дыхания методом спирографии по стандартной методике, лабораторные исследования (общий анализ крови, биохимический анализ крови с определением уровня глюкозы, общего холестерина, холестерина липопротеинов высокой плотности (ЛПВП), холестерина липопротеинов низкой плотности (ЛПНП), холестерина липопротеинов очень низкой плотности (ЛПОНП), триглицеридов, индекса атерогенности, общего и прямого билирубина, креатинина, мочевой кислоты, трансаминаз и гаммаглутамилтранспептидазы).

Математическая обработка результатов осуществлена с помощью параметрических методов вариационной статистики. Проверка статистических гипотез проводилась с использованием критериев Стьюдента. Различия считались статистически значимыми при $p<0,05$.

Результаты. В группе наблюдения доля работников с артериальной гипертензией (АГ) составила 33,3%, в группе сравнения — 17,6%, $p<0,05$ (RR 1,99; 95% CI 1,01–3,93; EF=47%; степень профессиональной обусловленности средняя). Математическое моделирование вероятности развития АГ в зависимости от уровня воздействия вредного фактора производства показало, что вероятность развития АГ в наибольшей степени ассоциирована с повышением уровня производственного шума ($F=1621$; $R^2=0,45$; $p<0,001$). Повышение концентрации хлора, гидрохлорида и их комбинации также ассоциированы с повышением вероятности развития АГ ($F=9,6–296$; $R^2=0,10–0,79$; $p<0,003$). В группе наблюдения распространенность назофарингита составила 41,3%, в группе сравнения — 15,7%, $p<0,01$ (RR 2,64; 95% CI 1,38–5,04; EF=62,1%; степень профессиональной обусловленности высокая). Распространенность

хронического бронхита в группе наблюдения в 2,9 раза превысила таковую в группе сравнения — 11,5% против 3,9%, но различия не достигали статистической значимости ($p>0,05$).

Основные параметры функции внешнего дыхания приведены в таблице 1. У работников предприятия, подвергающихся воздействию комплекса вредных факторов производства, выявлено снижение ряда показателей, характеризующих нарушение бронхиальной проходимости.

В группе наблюдения форсированная жизненная емкость легких (ФЖЕЛ) составила $4\pm 0,25$ л, а в группе сравнения — $4,6\pm 0,2$ л ($p<0,05$). Объем форсированного выдоха за 1 секунду (ОФВ1) в группе наблюдения составил $3,18\pm 0,14$ л, а в группе сравнения — $4,1\pm 0,20$ л ($p<0,001$). Объемные форсированные скорости выдоха на разных уровнях бронхиального дерева также были ниже в группе наблюдения. Объемная форсированная скорость на 50% ФЖЕЛ в группе наблюдения составила $3,06\pm 0,37$ л/с, а в группе сравнения — $4,8\pm 0,2$ л/с ($p<0,001$). Объемная форсированная скорость на 75% ФЖЕЛ в группе наблюдения составила $2,59\pm 0,71$ л/с, а в группе сравнения — $6,6\pm 0,2$ л/с ($p<0,001$).

Таким образом, более низкие скоростные показатели функции внешнего дыхания в группе наблюдения могут свидетельствовать о наличии процесса асептического вос-

паления в воздухоносных путях при воздействии паров пыли, хлора и гидрохлорида.

Среди метаболических параметров статистически значимые различия получены по компонентам липидного спектра, а также показателям цитолиза и холестаза (табл. 2).

Уровень общего холестерина в группе наблюдения составил $5,72\pm 0,13$ ммоль/л, а в группе сравнения — $5,16\pm 0,23$ ммоль/л ($p<0,05$). Концентрации ЛПНП и ЛПОНП не имели статистически значимых различий, но в группе наблюдения было выявлено снижение ЛПВП ($1,35\pm 0,04$ ммоль/л против $1,64\pm 0,10$ ммоль/л в группе сравнения, $p<0,05$) и повышение триглицеридов ($2,3\pm 0,17$ ммоль/л против $1,51\pm 0,16$ ммоль/л в группе сравнения, $p<0,05$). Группа наблюдения характеризовалась более высокими уровнями трансаминаз: уровень АЛАТ в группе наблюдения составил $23,36\pm 1,67$ ед/л против $16,23\pm 1,24$ ед/л в группе сравнения ($p<0,05$), а уровень АСАТ — $30,05\pm 2,17$ ед/л и $26,09\pm 2,55$ ед/л соответственно ($p<0,05$). Показатели холестаза в группе наблюдения характеризовались более высоким уровнем г-ГТП ($58,34\pm 8,95$ ед/л против $42,79\pm 5,76$ ед/л в группе сравнения, $p<0,05$) и щелочной фосфатазы ($86,14\pm 3,92$ ед/л против $62,56\pm 7,34$ ед/л, $p<0,05$).

Основные гематологические параметры исследуемых групп приведены в таблице 3.

Таблица 1 / Table 1

Основные параметры внешнего дыхания в группах наблюдения и сравнения

Main parameters of external respiration in observation and comparison groups

Показатель	Группа наблюдения	Группа сравнения
Форсированная жизненная емкость легких (ФЖЕЛ), л	$4\pm 0,25^*$	$4,6\pm 0,2$
Объем форсированного выдоха за 1 с, л	$3,18\pm 0,14^{**}$	$4,1\pm 0,20$
Индекс Генслера, %	$68,28\pm 4,74^{**}$	$88,9\pm 1,4$
Максимальный экспираторный поток, л/с	$6,19\pm 0,57^{**}$	$8,7\pm 0,3$
Объемная форсированная скорость на 25% ФЖЕЛ, л/с	$2,69\pm 0,61$	$2,8\pm 0,3$
Объемная форсированная скорость на 50% ФЖЕЛ, л/с	$3,06\pm 0,37^{**}$	$4,8\pm 0,2$
Объемная форсированная скорость на 75% ФЖЕЛ, л/с	$2,59\pm 0,71^{**}$	$6,6\pm 0,2$

Примечания: * p — уровень статистической значимости $p<0,05$; ** — $p<0,001$

Notes: * p — level of statistical significance $p<0,05$; ** — $p<0,001$

Таблица 2 / Table 2

Основные метаболические параметры в группах наблюдения и сравнения

Main metabolic parameters in observation and comparison groups

Показатель	Группа наблюдения	Группа сравнения
Глюкоза, ммоль/л	$4,94\pm 0,16$	$4,09\pm 0,12$
Холестерин общий, ммоль/л	$5,72\pm 0,13^*$	$5,16\pm 0,23$
ЛПВП, ммоль/л	$1,35\pm 0,04^*$	$1,64\pm 0,10$
ЛПНП, ммоль/л	$3,59\pm 0,15$	$3,54\pm 0,2$
ЛПОНП, ммоль/л	$0,82\pm 0,06$	$0,44\pm 0,05$
Индекс атерогенности	$3,54\pm 0,19^*$	$2,22\pm 0,2$
Триглицериды, ммоль/л	$2,3\pm 0,17^*$	$1,51\pm 0,16$
Креатинин, мкмоль/л	$73,14\pm 1,69$	$66,63\pm 3,46$
Мочевая кислота, ммоль/л	$434,86\pm 18,65$	$369,5\pm 35,02$
АЛАТ, ед./л	$23,36\pm 1,67^*$	$16,23\pm 1,24$
АСАТ, ед./л	$30,05\pm 2,17^*$	$26,09\pm 2,55$
г-ГТП, ед./л	$58,34\pm 8,95^*$	$42,79\pm 5,76$
Щелочная фосфатаза, ед./л	$86,14\pm 3,92^*$	$62,56\pm 7,34$

Примечание: * — уровень статистической значимости $p<0,05$

Note: * — statistical significance level $p<0,05$

Основные гематологические параметры в группах наблюдения и сравнения

Main hematological parameters in observation and comparison groups

Показатель	Группа наблюдения	Группа сравнения
Эритроциты, $10^{12}/л$	$4,61 \pm 0,05^*$	$4,45 \pm 0,08$
Гемоглобин, г/л	$135,05 \pm 1,41$	$132,07 \pm 2,5$
Лейкоциты, $10^9/л$	$6,85 \pm 0,21^*$	$5,02 \pm 0,34$
СОЭ, мм/ч	$12,98 \pm 0,82^{**}$	$5,84 \pm 0,76$
Тромбоциты, $10^9/л$	$241,48 \pm 8,18$	$225,16 \pm 9,19$

Примечания: * — уровень статистической значимости $p < 0,05$; ** — $p < 0,001$.

Notes: * — level of statistical significance $p < 0.05$; ** — $p < 0.001$.

В группе наблюдения выявлено повышение уровня таких показателей воспаления, как лейкоциты ($6,85 \pm 0,21 \times 10^9/л$ и $5,02 \pm 0,34 \times 10^9/л$ в группах наблюдения и сравнения соответственно, $p < 0,05$) и СОЭ ($12,98 \pm 0,82$ мм/ч и $5,84 \pm 0,76$ мм/ч в группах наблюдения и сравнения соответственно, $p < 0,001$).

Обсуждение. Современная концепция факторов риска ССЗ включает себя оценку ряда метаболических параметров, при этом одним из главных факторов риска является нарушение липидного профиля плазмы крови [1]. Однако до настоящего времени не уделяется достаточного внимания факторам окружающей среды в патогенезе ССЗ. Между тем, высокий рост заболеваемости ССЗ во второй половине XX века во многом связан с ухудшением как общей экологической ситуации в крупных городах мира, так и плохими условиями труда на конкретных промышленных предприятиях. По данным R.D. Brook и соавторов, имеются достаточно обоснованные данные о влиянии химических факторов окружающей среды на заболеваемость и течение ССЗ. Выделяют как краткосрочные, так и пролонгированные эффекты аэрогенного воздействия промышленных токсикантов [4]. Краткосрочные эффекты токсикантов промышленного происхождения выражаются прежде всего в увеличении количества осложнений ССЗ и смертности от них в ближайшее время после острого воздействия токсикантов. Установлено, что рост риска развития или осложненного течения ССЗ имеет линейный характер при увеличении концентрации $PM_{2,5}$ в воздухе, без нижнего безопасного порога. Ряд исследований показал рост декомпенсации сердечной недостаточности, фатальных аритмий при остром воздействии промышленных токсикантов [5,6]. Длительное воздействие аэрозолей промышленных токсикантов является триггером, который может играть роль в обострении хронического течения ССЗ, в частности, развитии нестабильности атеросклеротической бляшки [7,8]. Суммарный эффект длительного воздействия $PM_{2,5}$ приводит к росту сердечно-сосудистого риска от 9 до 95% на каждые $10 \text{ мкг}/\text{м}^3$ концентрации частиц в воздухе. С другой стороны, имеются данные о статистически значимом снижении кардиального риска при существенном снижении концентрации промышленных токсикантов в воздухе [3,4].

Длительное ингаляционное воздействие токсикантов промышленного происхождения приводит к развитию хронического воспалительного процесса в дыхательных путях и формированию бронхиальной обструкции. В то же время воспалительная реакция дыхательных путей не является локальной, а оказывает воздействие и на другие органы и системы, в том числе сердечно-сосудистую и гепатобилиарную. Провоспалительные медиаторы (интерлейкин-6, фибриноген, С-реактивный белок, фактор некроза опухоли- α), активированные лейкоциты, вазоактивные гор-

моны (эндотелин) высвобождаются в системный кровоток и могут вторично приводить к развитию сердечно-сосудистых осложнений.

Атеросклероз на современном этапе рассматривается как хронический воспалительный ответ артериальной стенки, инициированный некоторыми формами повреждения эндотелия. Центральным механизмом атеросклероза является окисление циркулирующих липопротеидов и, соответственно, снижение захвата печенью с повышением их концентрации в плазме крови. Окисленные липопротеиды с помощью активированных клеток воспаления (моноцитов, нейтрофилов) проникают через дефекты эндотелия в субэндотелиальный слой с формированием атеросклеротических бляшек [1]. С другой стороны, хроническая системная воспалительная реакция и окислительный стресс могут приводить к нарушению функции печени с развитием со временем ее жировой дистрофии и инсулинорезистентности [9,10]. Эти процессы также приводят к атерогенной дислипидемии.

Заключение. У работников титаномagneзиевого производства, подвергающихся профессиональному воздействию пыли, паров хлора и гидрохлорида, выявлено снижение скоростных параметров функции внешнего дыхания, развитие проатерогенных метаболических нарушений, повышение лабораторных параметров воспаления, что может приводить к раннему манифестированию сердечно-сосудистой и респираторной патологии у данной категории работников.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шляхто Е.В. ред. Кардиология. Национальное руководство (краткое издание). М.: ГЭОТАР-Медиа; 2019.
2. Измеров И.Ф. ред. Профессиональная патология: национальное руководство. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2011.
3. Bhatnagar A. Environmental cardiology: studying mechanistic links between pollution and heart disease. *Circulation research*. 2006; 99: 692–705. DOI: 10.1161/01.res.0000243586.99701.cf.
4. Brook R.D., Franklin B., Cascio W., Hong Y., Howard G., Lipsett M. Air Pollution and Cardiovascular Disease: A Statement for Healthcare Professionals From the Expert Panel on Population and Prevention Science of the American Heart Association. *Circulation*. 2004; 109: 2655–71. DOI: 10.1161/01.CIR.0000128587.30041.C8.
5. Pope C.A., Dockery D.W. Health effects of the particulate airpollution: lines that connect. *J. Air Waste Manage. Assoc*. 2006; 56: 709–42. DOI: 10.1080/10473289.2006.10464485.
6. Kristensen T.S. Cardiovascular diseases and the work environment. A critical review of the epidemiologic literature on chemical factors. *Scand. J. Work Environ. Health*. 1989; 15: 245–64. DOI: 10.5271/sjweh.1854.

7. Kurrpa K., Hietanen E., Klockars M., Partinen M., Rantanen J. Chemical exposures at work and cardiovascular morbidity. Atherosclerosis, ischemic heart disease, hypertension, cardiomyopathy and arrhythmias. *Scand. J. Work Environ. Health*. 1984; 10: 381–88. DOI: doi.org/10.5271/sjweh.2316.
 8. Cohen AJ, Brauer M, Burnett R., Anderson H.R., Frostad J., Estep K. Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. *Lancet*. 2017; 389: 1907–18. DOI: 10.1016/S0140-6736(17)30505-6.
 9. Routledge H.C., Ayres J.G. Air pollution and the heart. *Occupational medicine*. 2005; 55: 439–47. DOI: doi.org/10.1093/occmed/kqi136.
 10. Vidale S., Campana C. Ambient air pollution and cardiovascular diseases: from bench to bedside. *European Journal of preventive cardiology*. 2018; 25: 818–25. DOI: 10.1177/2047487318766638.
- REFERENCES
1. Shljahto E.V. Ed. *Cardiology. National leadership (short edition)*. Moscow: GEOTAR-Media; 2019 (in Russian).
 2. Izmerov I.F. Ed. *Professional Pathology: National Leadership*. Moscow: GEOTAR-Media, 2011 (in Russian).
 3. Bhatnagar A. Environmental cardiology: studying mechanistic links between pollution and heart disease. *Circulation research*. 2006; 99: 692–705. DOI: 10.1161/01.res.0000243586.99701.cf.
 4. Brook R.D., Franklin B., Cascio W., Hong Y., Howard G., Lipsett M. Air Pollution and Cardiovascular Disease: A Statement for Healthcare Professionals From the Expert Panel on Population and Prevention Science of the American Heart Association. *Circulation*. 2004; 109: 2655–71. DOI: 10.1161/01.CIR.0000128587.30041.C8.
 5. Pope C.A., Dockery D.W. Health effects of the particulate airpollution: lines that connect. *J. Air Waste Manage. Assoc*. 2006; 56: 709–42. DOI: 10.1080/10473289.2006.10464485.
 6. Kristensen T.S. Cardiovascular diseases and the work environment. A critical review of the epidemiologic literature on chemical factors. *Scand. J. Work Environ. Health*. 1989; 15: 245–64. DOI: 10.5271/sjweh.1854.
 7. Kurrpa K., Hietanen E., Klockars M., Partinen M., Rantanen J. Chemical exposures at work and cardiovascular morbidity. Atherosclerosis, ischemic heart disease, hypertension, cardiomyopathy and arrhythmias. *Scand. J. Work Environ. Health*. 1984; 10: 381–88. DOI: 10.5271/sjweh.2316.
 8. Cohen A.J., Brauer M., Burnett R., Anderson H.R., Frostad J., Estep K. Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. *Lancet*. 2017; 389: 1907–18. DOI: 10.1016/S0140-6736(17)30505-6.
 9. Routledge H.C., Ayres J.G. Air pollution and the heart. *Occupational medicine*. 2005; 55: 439–47. DOI: 10.1093/occmed/kqi136.
 10. Vidale S., Campana C. Ambient air pollution and cardiovascular diseases: from bench to bedside. *European Journal of preventive cardiology*. 2018; 25: 818–25. DOI: 10.1177/2047487318766638.
- Дата поступления / Received: 16.08.2019
 Дата принятия к печати / Accepted: 01.11.2019
 Дата публикации / Published: 28.11.2019

DOI: <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-11-931-936>

УДК 504.3.054, 504.054, 504.064.2, 614.71, 613.15, 504.055

© Коллектив авторов, 2019

Май И.В., Кокоулина А.А., Балашов С.Ю.

К вопросу оптимизации мониторинга качества атмосферного воздуха для реализации федерального проекта «Чистый воздух»

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», ул. Монастырская, 82, Пермь, Россия, 614045

Введение. Город Чита Забайкальского края — один из городов России с высоким уровнем загрязнения атмосферы. Из порядка 130 примесей, выбрасываемых источниками города, на 5 постах сети Росгидромета ведется мониторинг 12. Максимальные среднемесячные концентрации формируются по бенз(а)пирену (до 56,8 ПДК), сероводороду (12,3 ПДК), взвешенным частицам (до 4ПДК), фенолу (до 3,6 ПДК). Значительные объемы выбросов (59,73 тыс. тонн в 2018 г.) усугубляются использованием угля как топлива предприятиями теплоэнергетики и частным сектором, климатическими и географическими особенностями. В рамках федерального проекта «Чистый воздух» нацпроекта «Экология» предусмотрено снижение валового выброса загрязняющих веществ в атмосферу г. Читы на 8,75 тыс. тонн к 2024 г., что должно привести к существенному улучшению безопасности и качества жизни горожан. Необходимо выявление наиболее «рисковых» для здоровья компонентов загрязнения.

При этом важно понять: отражает ли система экологического мониторинга реальную картину опасностей, формируемых загрязнением атмосферы города; существует ли необходимость оптимизации системы мониторинга для последующей оценки результативности и эффективности мероприятий; какие примеси и в каких точках должны мониторироваться в интересах населения, администрации и хозяйствующих субъектов, реализующих воздухоохраные мероприятия.

Цель исследования — разработка рекомендаций по оптимизации программы экологического мониторинга качества атмосферного воздуха на территории г. Читы с учетом критериев опасности для здоровья населения для последующей оценки эффективности, а также результативности мероприятий федерального проекта «Чистый воздух».

Материалы и методы. Обоснование оптимизации программ мониторинга выполнялось через расчет индексов опасности, учитывающих: массу выбросов и токсикологическую характеристику каждого химического вещества; численность населения под воздействием. В качестве топоосновы использовалась векторная карта города со слоем «плотность населения». Индексы рассчитывались для ячеек регулярной сетки, покрывающей селитебную территорию. Для каждой ячейки учитывались повторяемость ветров по 8 румбам со стороны приоритетных предприятий и численность населения в пределах расчетной ячейки. В итоге каждая расчетная ячейка характеризовалась суммарным коэффициентом, учитывающим опасность потенциальных воздействий выбросов. По результатам оценок формулировались рекомендации по оптимизации размещения постов на территории города и формирования программ мониторинга.

Результаты. Индексы канцерогенной опасности для здоровья населения г. Читы составили от 584 805,96 до 0,03 (приоритеты: углерод (сажа), бензол, бенз(а)пирен); индексы неканцерогенной опасности — от 1 443 558,24 до 0,00 (приоритеты: диоксид серы, пыль неорганическая с содержанием 70–20% SiO₂, мазутная зола). Максимальную опасность для здоровья населения стационарные источники выбросов формируют в северо-западной, западной и юго-восточной частях города. Посты Росгидромета в этих зонах отсутствуют.

Выводы. В рамках задач проекта «Чистый воздух» рекомендуется действующую государственную сеть наблюдений за качеством атмосферного воздуха г. Читы дополнить двумя постами; в программы мониторинга включить марганец, ксилол, пятиокись ванадия, определение бенз(а)пирена проводить на всех постах, что позволит полнее и адекватнее оценить опасность выбросов хозяйствующих субъектов, а также результативность и эффективность предусмотренных воздухоохраных мероприятий.

Ключевые слова: федеральный проект «Чистый воздух»; мониторинг атмосферного воздуха; программа мониторинга; пост мониторинга; опасность выбросов

Для цитирования: Май И.В., Кокоулина А.А., Балашов С.Ю. К вопросу оптимизации мониторинга качества атмосферного воздуха для реализации федерального проекта «Чистый воздух». *Мед. труда и пром. экол.* 2019; 59 (11). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-11-931-936>

Для корреспонденции: Май Ирина Владиславовна, зам. дир. по науке ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», д-р биол. наук, проф. E-mail: may@fcrisk.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Irina V. May, Anastasia A. Kokoulina, Stanislav Yu. Balashov

On the issue of optimization of atmospheric air quality monitoring for the implementation of the Federal project «Clean Air»

Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, 82, Monastyrskaya str., Perm, Russia, 614045

Introduction. The city of Chita of Zabaikalsky region is one of the cities of Russia, priority on level of pollution of atmosphere. Of the order of 130 impurities emitted by the sources of the city, 12 are monitored at 5 posts of the

Roshydromet network. Maximum monthly average concentrations are formed by benz (a) pyrene (up to 56.8 MPC), hydrogen sulfide (12.3 MPC), suspended particles (up to 4PDC), phenol (up to 3.6 MPC). Significant emissions (59.73 thousand tons in 2018) are aggravated by the use of coal as a fuel by heat and power enterprises and the private sector, climatic and geographical features. Within the framework of the Federal project “Clean Air” of the national project “Ecology”, it is envisaged to reduce the gross emission of pollutants into the atmosphere of Chita by 8.75 thousand tons by 2024, which should lead to a significant improvement in the safety and quality of life of citizens. It is necessary to identify the most “risky” components of pollution for health.

It is important to understand: whether the environmental monitoring system reflects the real picture of the dangers posed by pollution of the city’s atmosphere; whether there is a need to optimize the monitoring system for the subsequent assessment of the effectiveness and efficiency of measures; what impurities and at what points should be monitored in the interests of the population, administration and economic entities implementing air protection measures.

The aim of the study is to develop recommendations for optimizing the program of environmental monitoring of air quality in the city of Chita, taking into account the criteria of danger to public health for the subsequent evaluation of the effectiveness and effectiveness of the Federal project “Clean Air”.

Materials and methods. Justification of optimization of monitoring programs was carried out through the calculation of hazard indices, considering: the mass of emissions and toxicological characteristics of each chemical; the population under the influence. A vector map of the city with a layer “population density” was used as a topographic base. The indices were calculated for regular grid cells covering the residential area. For each cell, the repeatability of winds of 8 points from the priority enterprises and the population within the calculated cell were taken into account. As a result, each calculation cell was characterized by a total coefficient, taking into account the danger of potential impacts of emissions. Based on the results of the assessments, recommendations were formulated to optimize the placement of posts in the city and the formation of monitoring programs.

Results. Indices of carcinogenic danger to the health of the population of Chita ranged from 584,805. 96 to 0.03 (priorities: carbon (soot), benzene, benz (a) pyrene); indices of non-carcinogenic danger — from 1,443,558. 24 to 0.00 (priorities: sulfur dioxide, inorganic dust containing 70–20% SiO₂, fuel oil ash). The greatest danger to public health stationary sources of emissions form in the North-Western, Western and South-Eastern parts of the city. Roshydromet posts in these zones are absent.

Conclusions. As part of the objectives of the project “Clean Air”, it is recommended to Supplement the existing state network of observations of atmospheric air quality in Chita with two posts; to include manganese, xylene, vanadium pentoxide in the monitoring programs, to carry out the determination of Benz(a)pyrene et al posts, which will allow to fully and adequately assess the danger of emissions of economic entities, as well as the effectiveness and efficiency of the provided air protection measures.

Keywords: Federal project “Clean Air”; atmospheric air monitoring; monitoring program; monitoring post; emission hazard

For citation: May I.V., Kokoulina A.A., Balashov S.Yu. On the issue of optimization of atmospheric air quality monitoring for the implementation of the Federal project “Clean Air”. *Med truda i prom. ekol.* 2019; 59 (11). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-11-931-936>

For correspondence: Irina V. May, Deputy director of science of the Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Dr. of Sci. (Biol.), prof. E-mail: may@fcrisk.ru

Funding. The study had no funding.

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

Введение. Город Чита Забайкальского края — один из городов России с высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха. В течение последних 10 лет этот уровень характеризуется как «чрезвычайно высокий» и «очень высокий». При этом из общего перечня примесей, выбрасываемых стационарными и передвижными источниками (порядка 130 наименований), на 5 постах сети Росгидромета (ФГБУ «Забайкальское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды») ведется мониторинг только 12: взвешенных веществ¹, диоксида серы, оксида углерода, оксида и диоксида азота, сероводорода, фенола, углерода (сажи), формальдегида, озона, аммиака и бенз(а)пирена. При этом общераспространенные вещества изменяются на 3–5 постах, специфика — на 1–4 постах в зависимости от вещества.

Данные примеси включены в программы мониторинга не случайно, что подтверждается результатами измерений. Средняя за 2018 г. концентрация бенз(а)пирена по данным наблюдений сети Росгидромета составила 10,5 ПДК, пыли (взвешенных частиц) — 1,4 ПДК. В 2018 г. среднемесячные концентрации бенз(а)пирена превышали значения 10

ПДК в 14 раз, сероводорода — в 3 раза. Максимальная из среднемесячных концентрация бенз(а)пирена составила 56,8 ПДК, сероводорода — 12,3 ПДК, пыли (взвешенных частиц) — 4,0 ПДК, фенола — 3,6 ПДК, оксида углерода — 2,2 ПДК. Концентрации аммиака, формальдегида, углерода (сажи) фиксировались на уровне 1,0–1,1 ПДК [1]. Повышенные концентрации загрязняющих веществ в атмосфере, формируемые источниками на территории города, отмечаются чаще в холодное время года. Это обусловлено как использованием угля в качестве топлива объектов теплоэнергетики, так и региональными климатическими и географическими особенностями (продолжительная холодная зима, расположение города в Читино-Ингодинской котловине).

Основной вклад в валовый выброс по территории вносят стационарные источники предприятий топливно-энергетического комплекса, многочисленные мелкие котельные и печное отопление частного сектора. В 2018 г. по данным статистической отчетности в атмосферу города от стационарных и передвижных источников выбросов поступило 59,73 тыс. тонн загрязняющих веществ, что составляет порядка 45% от валового выброса по Забайкальскому краю.

¹ Недифференцированная по составу пыль.

Значительное количество выбросов опасных веществ усугубляется частой повторяемостью метеорологических условий, неблагоприятных для рассеивания примесей в воздухе (НМУ). В 2018 году было зарегистрировано 30 случаев НМУ разной продолжительности.

На уровне Правительства РФ признана необходимость кардинального улучшения качества атмосферного воздуха города [2]. В рамках федерального проекта «Чистый воздух» нацпроекта «Экология» предусмотрено снижение валового выброса загрязняющих веществ в атмосферу г. Читы на 8,75 тыс. тонн к 2024 г.²

Вместе с тем нельзя не принимать во внимание, что сокращение выбросов должно иметь следствием, прежде всего, существенное улучшение безопасности и качества жизни жителей города. Снижение валового выброса далеко не всегда напрямую существенно понижает уровень угроз и опасностей для здоровья населения, поскольку может не затрагивать наиболее «рисковые» компоненты загрязнений. В этой связи актуальной представляется решение задачи оценки рисков для здоровья населения г. Читы с выделением приоритетов — вкладов отдельных примесей в эти риски на текущий момент (до старта мероприятий федерального проекта «Чистый воздух») и условий реализации запланированных мер [3]. При этом важно ответить на следующие вопросы:

- отражает ли в полной мере система экологического мониторинга реальную картину опасностей и рисков, которые формируются в результате загрязнения атмосферного воздуха всем комплексом выбросов;
- существует ли необходимость оптимизации системы мониторинга качества атмосферного воздуха для последующей адекватной оценки результативности и эффективности программных мероприятий;
- если такая необходимость существует, то какие примеси и в каких точках территории города должны подлежать мониторингу в интересах как населения и администрации города, так и хозяйствующих субъектов, реализующих воздухоохраные мероприятия.

Исследования, касающиеся оптимизации сети мониторинга, вписываются в комплексный план мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ федерального проекта «Чистый воздух», где наряду с действиями по снижению выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта и промышленных предприятий предусматривается блок мер по реконструкции существующей наблюдательной сети за состоянием атмосферного воздуха.

Цель исследования — разработка рекомендаций по оптимизации программы экологического мониторинга качества атмосферного воздуха на территории г. Читы с учетом критериев опасности для здоровья населения для последующей оценки эффективности и результативности мероприятий федерального проекта «Чистый воздух».

Материалы и методы. В условиях отсутствия в городе единой базы данных параметров источников выбросов загрязняющих веществ, позволяющей провести сводные расчеты рассеивания, обоснования оптимизации программ мониторинга выполняли через расчет индексов опасности³, которые учитывают:

- массу выбросов каждого химического вещества от каждого хозяйствующего субъекта, расположенного на территории города;
- токсикологическую характеристику выбрасываемых примесей (через весовой коэффициент влияния на здоровье или канцерогенного эффекта);
- численность населения под воздействием.

$$HRI = E \times W \times P / 10000,$$

где HRI — индекс сравнительной канцерогенной/неканцерогенной опасности вещества; E — величина условной экспозиции (т/год); W — весовой коэффициент канцерогенного эффекта/влияния на здоровье; P — численность популяции под воздействием конкретного загрязнения.

В качестве топоосновы использовалась векторная карта города со слоем «плотность проживания населения». Индексы рассчитывались для ячеек регулярной сетки, которая покрывала всю селитебную территорию города. Шаг регулярной сетки — 500 м. Количество расчетных точек — более 500.

Дополнительно для каждой ячейки учитывалась повторяемость ветров по 8 румбам со стороны приоритетных предприятий и численность населения, проживающего в пределах расчетной ячейки. В итоге каждый квадрат расчетной сетки характеризовался суммарным коэффициентом, который учитывал опасность потенциальных воздействий выбросов хозяйствующих субъектов территории.

Валовые выбросы загрязняющих веществ в атмосферу города принимали в соответствии с данными форм статистической отчетности 2-ТП (воздух). В целом были учтены выбросы 133 веществ общей массой более 49,00 тыс. тонн от 211 предприятий.

По результатам оценок формулировались рекомендации по оптимизации размещения постов на территории города. При формировании программ мониторинга на постах оценивалось соответствие реализуемых программ факторам опасности на территории. Программы мониторинга на каждом посту верифицировали данными расчетов индексов опасности от предприятий, расположенных в радиусе 5 км от поста.

Результаты и обсуждение. Ранжирование примесей по индексу опасности показало, что индексы канцерогенной опасности варьируются в диапазоне от 584805,96 до 0,03; индексы неканцерогенной опасности — от 1443558,24 до 0,00. Наибольшие уровни неканцерогенной опасности для здоровья населения г. Читы формируют выбросы диоксида серы, пыли неорганической с содержанием двуокиси кремния 70–20%, мазутной золы теплоэлектростанций; среди канцерогенов — углерода (сажи), бензола, бенз(а)пирена (табл. 1).

Максимальную опасность для здоровья населения стационарные источники предприятий формируют в северо-западной, западной и юго-восточной частях города (рисунок).

Все 5 постов Росгидромета расположены в зонах со средними или низкими уровнями коэффициентов опасности. Это позволяет рекомендовать размещение по меньшей мере еще двух постов (стационарных или маршрутных) в зонах наибольших уровней угроз здоровью жителей (в северо-западной части города (зона влияния выбросов ТЭЦ 1 и других предприятия), в юго-восточной (зона влияния выбросов ТЭЦ-2, АБЗ, Силикатного завода). Это обеспечить:

² Комплексный план мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в г. Чите, утв. Зам. Председателя Правительства Российской Федерации 28.12.2018 г.

³ Комплексный план мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в г. Чите, утв. Зам. Председателя Правительства Российской Федерации 28.12.2018 г.

Максимальные коэффициенты опасности выбросов загрязняющих веществ на территории г. Читы
Maximum hazard factors of pollutant emissions on the territory of Chita

Загрязняющее вещество	Коэффициент опасности	
	неканцерогенной	канцерогенной
Диоксид серы	1 443 558,2	—
Пыль неорганическая: 70–20% SiO ₂	928 880,5	—
Мазутная зола теплоэлектростанций	874 867,6	—
Углерод (Сажа)	584 806,0	584 806,0
Диоксид азота	545 161,6	—
Оксид (II) азота	90 990,5	—
Марганец и его соединения	66 845,4	—
Керосин	27 237,2	—
Диметилбензол (Ксилол)	17 826,9	—
Пыль неорганическая: ниже 20% SiO ₂	15 544,5	—
Оксид углерода	8 878,4	—
Хлор	6 826,3	—
Пыль древесная	4 878,1	—
Сульфит свинца	4 310,0	43,1
Бензол	3 064,2	3 064,2
Взвешенные вещества	2 098,0	—
Пыль зерновая	1 841,6	—
Азотная кислота	1 750,5	—
Триоксид диЖелеза	1 672,6	—
Бенз(а)пирен	1 630,0	163,0

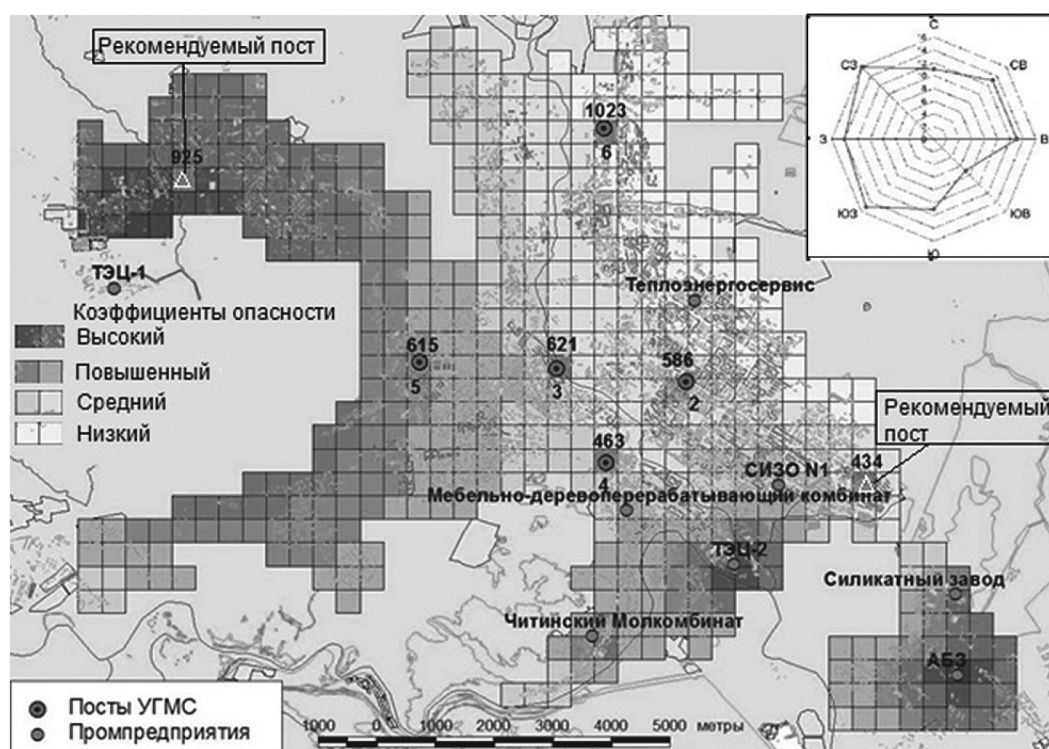


Рисунок. Карта пространственного распределения сравнительного индекса опасности для здоровья человека по г. Чите, формируемого выбросами стационарных источников

Figure. The map of the spatial distribution of a comparative index of risk to human health for the city of Chita, emissions generated by stationary sources

- максимально объективную оценку уровней воздействия загрязнения на население и рисков для здоровья жителей;

- возможность оценки результативности и эффективности воздухоохраных мер, принимаемых на промышленных объектах;

Действующие и рекомендуемые программы мониторинга качества атмосферного воздуха на территории г. Читы на постах Росгидромета**Current and recommended programs for monitoring atmospheric air quality in the city of Chita at Roshydromet posts**

	Пыль (взвешенные вещества)	PM _{2.5} , PM ₁₀	Серы диоксида	Углерода оксида	Азота диоксида	Азота оксида	Сероводорода	Фенол	Углерод (сажа)	Формальдегид	Озон	Аммиак	Марганец	Ванадия пятиокись	Ксилол*	3,4-Бензпирен
Пост № 2, ул. Чкалова, 148																
Текущая ситуация	+	–	+	+	+	–	–	+	+	+	–	–	–	–	–	+
Рекомендации	+	+	+	+	+	–	–	+	+	+/-	–	–	+	+	+	+
Пост № 3, ул. Набережная, 66																
Текущая ситуация	+	–	+	+	+	–	–	+	+	+	–	–	–	–	–	–
Рекомендации	+	+	+	+	+	–	–	+	+	+/-	–	–	+	–	+	+
Пост № 4, ул. Ладо, 30																
Текущая ситуация	+	–	+	+	+	+	+	+	+	–	–	–	–	–	–	+
Рекомендации	+	+	+	+	+	+	+	+	+	–	–	–	+	+	+	+
Пост № 5, ул. Октябрьская, 9																
Текущая ситуация	+	–	+	+	+	+	–	+	+	+	–	–	–	–	–	–
Рекомендации	+	+	+	+	+	+	–	+	+	+/-	–	–	+	+	+	+
Пост № 6, ул. Красной звезды, 75																
Текущая ситуация	–	–	+	+	+	+	+	–	–	–	+	+	–	–	–	–
Рекомендации	+	+	+	+	+	+	+	–	–	–	+/-	+/-	+	+	+	+
Новый пост (квадрат 925)																
Рекомендации	+	+	+	+	+	+	–	–	+	–	–	–	+	+	–	+
Новый пост (квадрат 434)																
Рекомендации	+	+	+	+	+	+	–	–	+	–	–	–	–	+	–	+

Примечания: * — ароматические углеводороды из одной пробы; + — вещество мониторируется/рекомендуется включить в программу мониторинга; – — вещество не мониторируется; +/- — рекомендуется исключить из программы мониторинга или оставить на усмотрение Росгидромета; +** — рекомендуется включить в программу мониторинга при переходе ТЭЦ-1 и/или ТЭЦ-2 на резервное топливо.

Notes: * — aromatic hydrocarbons from one sample; + — the substance is monitored /recommended to be included in the monitoring program; – — the substance is not monitored; +/- — it is recommended to exclude from the monitoring program or to leave at the discretion of Roshydromet; + ** — it is recommended to include in the monitoring program at transition of CHPP-1 and / or CHPP-2 to reserve fuel.

• получение данных о качестве атмосферного воздуха по всей территории города, а не только в центральной его части, где размещено большинство постов мониторинга.

Сопоставительный анализ действующих программ экологического мониторинга и параметров индексов опасности показал, что (табл. 2):

• программы мониторинга всех действующих постов наблюдения рекомендуется дополнить определением концентрации в атмосферном воздухе марганца, ксилола (ароматических углеводородов из одной пробы);

• программы мониторинга 4 постов (кроме Поста №6, ул. Красной звезды, 75) рекомендуется дополнить определением мелкодисперсных частиц PM₁₀ и PM_{2.5}, опасность которых доказана зарубежными и отечественными исследованиями [4–7];

• бенз(а)пирен рекомендуется контролировать на всех постах;

• при переходе ТЭЦ-1 и/или ТЭЦ-2 на резервное топливо на постах рекомендуется дополнительно контролировать пятиокись ванадия;

• формальдегид, озон и аммиак не относятся к приоритетам с точки зрения опасности выбросов для здоровья,

поэтому их можно исключить или оставить в программе мониторинга на усмотрение Росгидромета.

На двух новых постах оптимальной представляется программа наблюдений, включающая определение диоксида серы, оксида углерода, пыли и мелкодисперсных частиц PM_{2.5} и PM₁₀, углерода (сажи), оксида и диоксида азота, бенз(а)пирена, пятиокиси ванадия. Определение марганца рекомендовано только для одного нового поста (в квадрате 434 — юго-восточная часть города), который ориентирован на контроль выбросов Силикатного завода, АБЗ, ТЭЦ-2.

Выводы:

1. В рамках задач проекта «Чистый воздух» рекомендуется действующую государственную сеть наблюдений за качеством атмосферного воздуха г. Читы дополнить двумя постами.

2. В программы мониторинга рекомендуется дополнительно включить марганец, ксилол, пятиокись ванадия, определение бенз(а)пирена проводить на всех постах.

3. Расширенные программы мониторинга позволяют в перспективе более полно и адекватно оценить опасность выбросов отдельных хозяйствующих субъектов, а также результа-

тивность и эффективность воздухоохраных мероприятий, предусмотренных федеральным проектом «Чистый воздух».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доклад об экологической ситуации в Забайкальском крае за 2018 год. <http://xn--h1aakfkgb.xn--80aaaac8algcbgcbck3f0q.xn--p1ai/action/ohrana-okrujayushchey-sredy/ekologicheskaya-situaciya-v-zabaykalskom-krae/>
2. Паспорт федерального проекта «Чистый воздух». http://xn--80aavcebfcm6cza.xn--p1ai/upload/iblock/799/CHisty-vozdukh-_obnov.-red_.pdf
3. Андреева Е.Е., Онищенко Г.Г., Клейн С.В. Гигиеническая оценка приоритетных факторов риска среды обитания и состояния здоровья населения г. Москвы. *Анализ риска здоровью*. 2016; 3: 23–34.
4. Загороднов С.Ю., Кокоулина А.А., Попова Е.В. Изучение компонентного и дисперсного состава пылевых выбросов предприятий металлургического комплекса для задач оценки экспозиции населения. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2015; Т. 17 (5–2Ж): 451–6.
5. Segersson D., Eneroth K., Gidhagen L., Johansson C., Omstedt G., Nylén A.E., Forsberg B. Health Impact of PM₁₀, PM_{2.5} and Black Carbon Exposure Due to Different Source Sectors in Stockholm, Gothenburg and Umea, Sweden. *Int J Environ Res Public Health*. 2017; 14(7): 742. DOI: 10.3390/ijerph14070742.
6. Yu-Fei Xing, Yue-Hua Xu, Min-Hua Shi, Yi-Xin Lian. The impact of PM_{2.5} on the human respiratory system. *J Thorac Dis*. 2016; 8(1): E69 — E74. DOI: 10.3978/j.issn. 2072–1439.2016.01.19.
7. Janssen N.A.H., Fischer P., Marra M., Ameling C., Cassee F.R. Short-term effects of PM_{2.5}, PM₁₀ and PM_{2.5–10} on daily mortality in the Netherlands. *Science of The Total Environment*. 2013; 463–4: 20–6. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2013.05.062.

REFERENCES

1. Report on the environmental situation in the Trans-Baikal Territory for 2018. <http://xn--h1aakfkgb.xn--80aaaac8algcbgcbck3f0q.xn--p1ai/action/ohrana-okrujayushchey-sredy/ekologicheskaya-situaciya-v-zabaykalskom-krae/>
2. Passport of the federal project «Clean Air». http://xn--80aavcebfcm6cza.xn--p1ai/upload/iblock/799/CHisty-vozdukh-_obnov.-red_.pdf
3. Andreeva E.E., Onishchenko G.G., Kleyn S.V. Hygienic assessment of priority risk factors for the environment and the state of health of the population of Moscow. *Analiz riska zdorov'yu*. 2016; 3: 23–34.
4. Zagorodnov S.Yu., Kokoulina A.A., Popova E.V. The study of the component and disperse composition of dust emissions of metallurgical complex enterprises for the tasks of assessing the exposure of the population. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*. 2015; T. 17 (5–2Ж): 451–456.
5. Segersson D., Eneroth K., Gidhagen L., Johansson C., Omstedt G., Nylén A.E., Forsberg B. Health Impact of PM₁₀, PM_{2.5} and Black Carbon Exposure Due to Different Source Sectors in Stockholm, Gothenburg and Umea, Sweden. *Int J Environ Res Public Health*. 2017; 14(7): 742. DOI: 10.3390/ijerph14070742
6. Yu-Fei Xing, Yue-Hua Xu, Min-Hua Shi, Yi-Xin Lian. The impact of PM_{2.5} on the human respiratory system. *J Thorac Dis*. 2016; 8(1): E69 — E74. DOI: 10.3978/j.issn. 2072–1439.2016.01.19
7. Janssen N.A.H., Fischer P., Marra M., Ameling C., Cassee F.R. Short-term effects of PM_{2.5}, PM₁₀ and PM_{2.5–10} on daily mortality in the Netherlands. *Science of The Total Environment*. 2013; 463–4: 20–6. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2013.05.062.

Дата поступления / Received: 16.08.2019

Дата принятия к печати / Accepted: 08.11.2019

Дата публикации / Published: 28.11.2019

DOI: <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-11-937-939>

УДК 57.083.3: 57.021: 611: 613.6

© Аликина И.Н., Долгих О.В., 2019

Аликина И.Н., Долгих О.В.

Иммунный профиль работников нефтедобывающего предприятия

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», ул. Монастырская, 82, Пермь, Россия, 614045

Введение. Проведена оценка иммунного профиля работников нефтедобывающего предприятия, формирование иммунологического статуса которых определяется условиями вредных производственных факторов, воздействующих на их здоровье.

Цель исследования — оценка состояния клеточного иммунитета у работников нефтедобывающего предприятия (на примере Пермского края).

Материалы и методы. Обследованы 60 мужчин, работающих на нефтедобывающем предприятии Пермского края. В группу наблюдения ($n=30$) были включены обследуемые мужчины-работники — операторы добычи нефти, в группу сравнения — обследуемые мужчины-работники — представители административного аппарата. Состояние клеточного иммунитета оценивалось по показателям клеточной регуляции и апоптоза. Маркер клеточной дифференцировки T-reg — CD4⁺CD127⁻, уровень экспрессии белков Bcl-2, Bax, p53, рецепторы TNFR и AnnexinV-FITC+7AAD негативных клеток определялись методом проточной цитометрии.

Результаты. Сравнительный анализ с показателями физиологической нормы позволил выявить у операторов добычи нефти достоверную гиперпродукцию мембранных и внутриклеточных факторов клеточного иммунитета. Установлена экспрессия регуляторного маркера CD127⁻, белков Bax, Bcl-2 и p53, содержания TNFR рецептора и AnnexinV-FITC+7AAD негативных клеток, отвечающие за естественную клеточную гибель ($p<0,05$). Показатели группы наблюдения достоверно отличались от показателей группы сравнения. Наблюдалось достоверное угнетение экспрессии CD-маркера CD127⁻ и апоптического белка Bcl-2 более чем на 10%, повышение содержания TNFR, AnnexinV-FITC+7AAD негативных клеток, белка Bax и p53 в 1,3, 1,6 и 1,2 раза соответственно.

Выводы. Результаты иммунологического скрининга позволили установить дисбаланс клеточного иммунитета у работников нефтедобывающего предприятия — дефицит регуляторных клеток и белка-контроллера клеточной гибели с одновременной избыточной активацией клеточной рецепции, формирующей в дальнейшем феномен клеточного иммунодефицита. Высокая чувствительность мембранных и цитоплазматических компонентов иммунного профиля позволяет использовать их в качестве индикаторов состояния здоровья операторов добычи нефти, своевременно идентифицировать развитие регуляторного дисбаланса иммунной системы, ранних нарушений клеточно-ассоциированных патологических процессов (клеточный иммунодефицит, аутоиммунные и пролиферативные процессы), а также своевременно и эффективно осуществлять реализацию мероприятий по профилактике развития производственно обусловленных заболеваний работающих на нефтедобывающих установках.

Ключевые слова: операторы добычи нефти; иммунный профиль; производственные факторы

Для цитирования: Аликина И.Н., Долгих О.В. Иммунный профиль работников нефтедобывающего предприятия. *Мед. труда и пром. экол.* 2019; 59 (11). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-11-937-939>

Для корреспонденции: Долгих Олег Владимирович, зав. отд. иммунобиологических методов диагностики ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», д-р мед. наук. E-mail: oleg@fcrisk.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Inga N. Alikina, Oleg V. Dolgikh

Immune profile of oil production enterprise employees

Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, 82, Monastyrskaya str., Perm, Russia, 614045

Introduction. The assessment of the immune profile of employees of the oil-producing enterprise, the formation of the immunological status of which is determined by the conditions of harmful production factors affecting their health.

The aim of the study was to assess the state of cellular immunity in oil-producing enterprise employees (on the example of the Perm region).

Materials and methods. 60 men working at the oil-producing enterprise of the Perm region were examined. In the observation group ($n=30$) were included surveyed male workers-operators of oil production, in the comparison group — surveyed male workers — representatives of the administrative apparatus. The state of cellular immunity was assessed by indicators of cellular regulation and apoptosis. Cell differentiation marker T-reg-CD4⁺CD127⁻, expression level of Bcl-2, Bax, p53 proteins, TNFR receptors and AnnexinV-FITC+7AAD negative cells were determined by flow cytometry.

Results. The comparative analysis with physiological norm indicators allowed to reveal reliable hyperproduction of membrane and intracellular factors of cellular immunity in oil production operators. Expression of regulatory marker CD127⁻, proteins Bax, Bcl-2 and p53, TNFR receptor content and AnnexinV-FITC+7AAD negative cells responsible for natural cell death ($p<0.05$) was established. The indicators of the observation group differed significantly from those of the comparison group. There was a significant inhibition of expression of CD-marker CD127⁻ and apoptotic protein Bcl-2 by more than 10%, an increase in TNFR, AnnexinV-FITC+7AAD negative cells, protein Bax and p53 by 1.3, 1.6 and 1.2 times, respectively.

Conclusions. *The results of immunological screening allowed to establish an imbalance of cellular immunity in oil-producing enterprise workers — a deficiency of regulatory cells and a protein-controller of cell death with simultaneous excessive activation of cell reception, which later forms the phenomenon of cellular immunodeficiency. The high sensitivity of the membrane and cytoplasmic components of the immune profile allows them to be used as indicators of the health status of oil production operators, timely identify the development of regulatory imbalance of the immune system, early violations of cell-associated pathological processes (cellular immunodeficiency, autoimmune and proliferative processes), as well as timely and effective implementation of measures to prevent the development of production-related diseases working at oil production facilities.*

Keywords: *oil production operators; immune profile; production factors*

For citation: Alikina I.N., Dolgikh O.V. Immune profile of oil production enterprise employees. *Med. truda i prom. ecol.* 2019; 59 (11). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-11-937-939>

For correspondence: Oleg V. Dolgikh, Head of Department of immunobiological methods of diagnostics of Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Dr. of Sci. (Med.). E-mail: oleg@fcrisk.ru

Funding. The study had no funding.

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

Введение. Важнейшим индикатором благополучия общества является состояние здоровья работников, определяющее качество трудовых ресурсов, демографическую ситуацию в стране, производительность труда [1]. В числе отраслей хозяйства, определяющих уровень научно-технического прогресса страны и ее экономическое развитие, ведущее место принадлежит нефтедобывающей промышленности [2–4]. Условия труда на рабочих местах нефтедобывающих предприятий характеризуются наличием целого комплекса вредных производственных факторов, способствующих росту заболеваемости работников, в том числе и полиморбидной патологии, инвалидизации и смертности в трудоспособном возрасте [5].

Основными вредными производственными факторами, воздействующими на работников предприятий нефтедобычи, являются: физические факторы (локальная и общая вибрация, производственный шум, неблагоприятные климатические условия); химические факторы (ароматические углеводороды: бензол, толуол, ксилол); дигидросульфид в смеси с алифатическими углеводородами C1 — C5 (вещества 2–4 класса опасности); психофизиологические факторы трудового процесса: статическая и динамическая нагрузка, высокая степень психоэмоционального напряжения, десинхроноз [6].

По официальным данным Федеральной службы государственной статистики в настоящее время в нефтедобывающей отрасли до 30% рабочих мест не соответствуют санитарно-гигиеническим требованиям [5].

Процесс развития иммунного ответа организма на внешние воздействия сопровождается значительными изменениями субпопуляционного состава иммунокомпетентных клеток. Это относится как к изменению абсолютного количества иммунокомпетентных клеток, их субпопуляций, так и к появлению на клеточной поверхности и внутри клетки специализированных функциональных молекул [7]. Под воздействием различных факторов клетки приспособляются и отвечают на это изменением экспрессии мембранных и внутриклеточных маркеров. Система иммунной регуляции обеспечивает устойчивость организма к измененным условиям существования, определяя адаптационные резервы и поддерживая постоянно внутреннюю среду. При этом нарушении иммунной реактивности, вызванные супрессией или чрезмерной активацией под воздействием комбинированной факторной нагрузки, способны приводить к развитию нарушений здоровья работающих, мониторинг которых необходим на ранних стадиях на основе определения изменений чувствительных индикаторных иммунологических показателей [8].

Цель исследования — оценить состояние клеточного иммунитета у работников нефтедобывающего предприятия (Пермский край).

Материалы и методы. Обследованы 60 мужчин, работающих на нефтегазодобывающих установках Пермского края. В группу наблюдения ($n=30$) были включены обследуемые мужчины-работники — операторы добычи нефти. К вредным производственным факторам, воздействующим на здоровье работников относятся: физические факторы (локальная и общая вибрация, производственный шум, неблагоприятные климатические условия); химические факторы (ароматические углеводороды: бензол, толуол, ксилол); дигидросульфид в смеси с алифатическими углеводородами C1 — C5 (вещества 2–4 класса опасности); психофизиологические факторы трудового процесса: статическая и динамическая нагрузка, высокая степень психоэмоционального напряжения, десинхроноз. В группу сравнения были включены обследуемые мужчины-работники — представители административного аппарата. Группы представлены работниками в возрасте 20–65 лет, работающими на предприятии более 1 года. Из числа представителей административного аппарата исключены лица, ранее работавшие операторами добычи нефти. Проведенное обследование включило в себя изучение показателей общего содержания лейкоцитов, относительного и абсолютного содержания лимфоцитов стандартными методами лабораторного анализа. Маркеры клеточной дифференцировки (CD4⁺CD127⁺) определялись методом проточной цитометрии на проточном цитофлуориметре FACSCalibur фирмы «Becton Dickinson» с использованием универсального программного обеспечения CellQuestPro. Определение уровня экспрессии белков, контролирующих процессы апоптоза — Bax, Bcl-2, p53 и мембранной экспрессии рецептора к фактору некроза опухоли (TNFR — tumor necrosis factor receptor), проводилось с использованием соответствующих моноклональных антител (MKAT) («BC», USA) с одновременным проведением процедуры отрицательного изотипического контроля.

Оценка результатов проводилась с использованием многофункционального программного обеспечения Statistica 6.0 (Statsoft, США). Достоверность различий оценивалась с помощью t-критерия Стьюдента. Различия между группами считали достоверными при $p<0,05$.

Результаты и обсуждение. Сравнительный анализ с показателями физиологической нормы позволял выявить у работников нефтедобывающего предприятия группы наблюдения достоверную активацию показателей клеточного иммунитета. Установлена достоверно повышенная экспрессия белков bax, bcl-2 и p53, TNFR-рецептора и AnnexinV-FITC+7AAD негативных клеток по отношению к физиологической норме, отвечающих за естественную клеточную гибель ($p<0,05$), причем уровень повышенной экспрессии внутриклеточных белков и белков системы рецепции фактора некроза опухоли был характерен и для работающих

Показатели клеточного иммунитета у работников предприятия нефтедобычи
Indicators of cellular immunity in employees of the oil production enterprise

Показатель	Референтный уровень	Группа наблюдения (n=30)	Группа сравнения (n=30)
CD4 ⁺ CD127 ⁺ лимф., отн., %	3,5–4,5	3,253±0,122*/**	3,655±0,149
Bcl-2, %	1,0–1,5	2,156±0,233*/**	2,186±0,269*
Bax, %	5,0–9,0	13,18±1,25*/**	13,02±1,28*
TNFR, %	1,0–1,5	4,70±0,38*/**	3,67±0,22*
p53, %	1,2–1,8	12,15±0,89*/**	9,94±1,05*
Annexin V-FITC+7AAD, %	1,5–2,5	6,79±1,36*/**	4,15±0,91*

Примечания: * — разница достоверна относительно референтного интервала ($p<0,05$); ** — разница достоверна относительно группы сравнения ($p<0,05$).

Notes: * — the difference is significant relative to the reference interval ($p<0.05$); ** — the difference is significant relative to the comparison group ($p<0.05$).

группы сравнения. В тоже время у операторов добычи нефти наблюдался феномен достоверного угнетения уровня негативных по CD4⁺CD127⁺ Т-регуляторных лимфоцитов.

Установлено, что показатели группы наблюдения и группы сравнения достоверно отличались: дефицит Т-регуляторных лимфоцитов CD4⁺CD127⁺ на 10%, повышение содержания TNFR-рецептора, белка апоптоза AnnexinV-FITC+7AAD⁺, внутриклеточных протеинов Bax и p53 (на 20–60%).

В условиях воздействия комплекса вредных производственных факторов трудового процесса работников нефтедобычи выявлены нарушения иммунной регуляции, которые проявляются в дисбалансе мембранных и внутриклеточных показателей адаптивного клеточного иммунитета. Особенностью нарушений иммунного гомеостаза у операторов добычи нефти является временная гиперэкспрессия показателей апоптоза, причем достоверно превышающая уровень нормы и показателей группы сравнения, а также одновременный дефицит регуляторных клеток, комбинация которых может привести к формированию атопии и аутоагрессии (патология кожных покровов и системы кровообращения).

Выводы:

1. Проведенное иммунологическое обследование операторов добычи нефти позволило установить дисбаланс клеточного иммунитета, который проявляется гиперэкспрессией рецептора к фактору некроза опухоли — TNFR, апоптогенного протеина AnnexinV-FITC+7AAD⁺, белков Bax и p53, отвечающих за апоптоз с одновременным угнетением Т-регуляторных лимфоцитов CD4⁺CD127⁺, достоверно измененными как по отношению к физиологической норме, так и к показателям группы сравнения, что указывает на формирование чрезмерной напряженности адаптационных и иммунорегуляторных процессов у работающих в данных производственных условиях.

2. Высокая чувствительность клеточных показателей иммунного профиля позволяет использовать их в качестве индикаторов состояния здоровья работающих, своевременно идентифицировать развитие ранних нарушений иммунного гомеостаза и эффективно планировать и реализовывать мероприятия по профилактике развития производственно обусловленных заболеваний работающих на нефтедобывающих установках.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шамсиахметова Г.И. Профессиональные заболевания на предприятиях нефтяной промышленности. *Молодой ученый*. 2016; 16: 460–3.
2. Гимранова Г.Г., Бакиров А. Б. Особенности профессиональной заболеваемости работников нефтедобывающей отрасли. *Нефть и здоровье*. Уфа. 2009; 156–60.

3. Онищенко Г.Г. Состояние условий труда и профессиональная заболеваемость работников в Российской Федерации. *Нефть и здоровье*. Уфа. 2009; 13–8.

4. Стародубов В.И. Сохранение здоровья работающего населения — одна из важнейших задач здравоохранения. *Мед. труда и пром. экол.* 2005; 1: 1–8.

5. Гимранова Г.Г. Проблемы производственной безопасности и сохранения здоровья нефтяников «Профессия и здоровье: материалы III Всероссийского конгресса, 12–14.10.2004 г.» М.; 2004: 93–4.

6. Измеров Н. Ф. Глобальный план действий по охране здоровья работающих на 2008–2017 г.г. пути и перспективы реализаций. *Мед. труда и пром. экол.* 2008; 6: 1–9.

7. Оценка клеточного звена иммунитета. MEDDAILY.INFO. Медицинская энциклопедия. <http://meddaily.info/?cat=article&id=721>.

8. Долгих О.В. и др. Вариабельность иммунорегуляторных и генетических маркеров в условиях комбинированного воздействия факторов производственной среды. *Гигиена и сан.* 2016; 95(1): 45–8.

REFERENCES

1. Shamsiakhmetova G.I. Occupational diseases in the oil industry. *Molodoy uchenyy*. 2016; 16: 460–3 (in Russian).
2. Gimranova G.G., Bakirov A.B. Features of occupational morbidity in oil industry workers. *Neft' i zdorov'e*. Ufa. 2009; 156–60 (in Russian).
3. Onishchenko G. G. The state of working conditions and occupational morbidity of workers in the Russian Federation. *Neft' i zdorov'e*. Ufa. 2009; 13–18 (in Russian).
4. Starodubov V.I. Maintaining the health of the working population is one of the most important tasks of public health. *Med. truda i prom. ekol.* 2005; 1: 1–8 (in Russian).
5. Gimranova G.G. Occupational safety and health concerns for oil workers «Professiya i zdorov'e: materialy III Vserossiyskogo kongressa, 12–14 oktyabrya 2004g.» М.; 2004: 93–94 (in Russian).
6. Izmerov N. F. Global action plan for the protection of workers' health for 2008–2017, ways and prospects for implementation. *Med. truda i prom. ekol.* 2008; 6: 1–9 (in Russian).
7. Assessment of the cellular link of immunity. MEDDAILY.INFO. *Medical Encyclopedia* <http://meddaily.info/?cat=article&id=721> (in Russian).
8. Dolgikh O.V. et al. Variability of immunoregulatory and genetic markers under the combined effects of environmental factors. *Gigiena i sanitariya*. 2016; 95(1): 45–8 (in Russian).

Дата поступления / Received: 16.08.2019

Дата принятия к печати / Accepted: 08.11.2019

Дата публикации / Published: 28.11.2019

Методические и организационные аспекты проектирования санитарно-защитных зон предприятий или промышленных узлов как инструмент комплексной оценки качества атмосферного воздуха

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», ул. Монастырская, 82, Пермь, Россия, 614045

Введение. Санитарное законодательство Российской Федерации предполагает организацию санитарно-защитных зон (СЗЗ) промышленных предприятий, расположенных в промышленном узле. Однако процедуры обоснования, установления и контроля границ единых СЗЗ не в полной мере урегулированы. Это определяет практику организации хозяйствующими субъектами индивидуальных зон, отделяющих производства от селитебной застройки. Данное положение осложняет адекватную оценку реального загрязнения, равно как и обоснованную разработку программ (планов) природоохранных мероприятий. Крайне проблемной становится идентификация источников, формирующих неудовлетворительное качество воздуха и риски для здоровья населения.

Цель исследования — разработка и апробация рекомендаций по организации и методической поддержке проектирования единой СЗЗ группы предприятий в условиях сложившейся городской застройки.

Материалы и методы. В качестве объекта исследования выбран промышленный узел, сформированный 5-ю промышленными предприятиями и расположенный на территории крупного городского поселения численностью более 450 тыс. человек. Администрацией города выполнен ряд организационных мер, обеспечивших одновременную инвентаризацию выбросов предприятий и проектирование общей санзоны промузла. Проектные работы выполнены в полном соответствии с действующей нормативной базой.

Результаты. Верифицированная единая база данных о 102 источниках выбросов химических веществ и 113 источниках шума обеспечила возможность сводных расчетов и получения максимально корректных результатов по приземным концентрациям в зоне влияния промузла. Сформирована программа контроля качества атмосферного воздуха, определяющая вклад каждого хозяйствующего субъекта в проведение исследований. Это позволило обеспечить контроль всех приоритетных загрязняющих примесей на внешней границе СЗЗ и снизить затраты каждого отдельного хозяйствующего субъекта. Выделены зоны ответственности каждого предприятия внутри границ единой СЗЗ для задач обеспечения нормативного содержания территории.

Выводы. Полученные результаты подтвердили целесообразность проектирования единых санитарно-защитных зон для хозяйствующих субъектов, расположенных в промышленном узле.

Ключевые слова: санитарно-защитная зона; группа объектов; долевой вклад; кластерный анализ; программа наблюдений

Для цитирования: Загороднов С.Ю., Май И.В. Методические и организационные аспекты проектирования санитарно-защитных зон предприятий или промышленных узлов как инструмент комплексной оценки качества атмосферного воздуха. *Мед. труда и пром. экол.* 2019; 59 (11). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-11-941-946>

Для корреспонденции: Май Ирина Владиславовна, заместитель директора по научной работе ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», д-р биол. наук, проф. E-mail: may@fcrisk.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Sergey Yu. Zagorodnov, Irina V. May

Methodical and organizational aspects in designing sanitary protection zones for a group of enterprises or industrial centers as a tool for complex atmospheric air quality assessment

The Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risks Management Technologies, 82, Monastyrskaya str., Perm, Russia, 614045

Introduction. Sanitary legislation of the Russian Federation provides for the organization of sanitary protection zones of industrial enterprises located in the industrial hub. However, the justification procedure, establishing and monitoring boundaries of a single sanitary zones not fully resolved. This determines the practice of organization by economic entities of individual zones separating production from residential development. This situation complicates the adequate assessment of real pollution, as well as the reasonable development of programs (plans) of environmental measures. Identification of the sources that create poor air quality and public health risks is becoming extremely problematic.

The aim of the study is to develop and test recommendations for the organization and methodological support of the design of a single sanitary protection zone of a group of enterprises in the current urban development.

Materials and methods. The object of the study is an industrial hub formed by 5 industrial enterprises and located on the territory of a large urban settlement with a population of more than 450 thousand people. The city administration carried out a number of organizational measures that ensured the simultaneous inventory of emissions of enterprises and the design of the general sanitary zone of the industrial complex. The design work was carried out in full accordance with the current regulatory framework.

Results. The verified unified database of 102 sources of chemical emissions and 113 sources of noise provided the possibility of summary calculations and obtaining the most correct results for surface concentrations in the zone of influence of the industrial hub. The program of quality control of atmospheric air defining the contribution of each economic subject to carrying out researches is formed. This made it possible to ensure the control of all priority contaminants at the outer border of the sanitary zone and reduce the costs of each separate economic entity. Zones of responsibility of each enterprise within borders of a uniform sanitary zone for tasks of maintenance of the standard maintenance of the territory are allocated.

Conclusions. The obtained results confirmed the feasibility of designing unified sanitary protection zones for economic entities located in the industrial hub.

Keywords: sanitary protection zone; group of objects; share contribution; cluster analysis; observation program

For citation: Zagorodnov S.Yu., May I.V. Methodical and organizational aspects in designing sanitary protection zones for a group of enterprises or industrial centers as a toll for complex atmospheric air quality assessment. *Med. truda i prom. ecol.* 2019; 59 (11). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-11-941-946>

For correspondence: Irina V. May, Deputy director on scientific work of The Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risks Management Technologies, Dr. of Sci. (Biol.), prof. E-mail: may@fcrisk.ru

Funding. The study had no funding.

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

Введение. Управление урбанизированной территорией в части обеспечения нормативного качества атмосферного воздуха и снижение экологических рисков для здоровья населения требуют максимально корректной оценки ситуации и обоснованного выделения приоритетов для организации природоохранной деятельности [1,2]. Задача актуальна как для природопользователей, так и для государства и органов местного самоуправления. Возникает реальная необходимость в определении вклада отдельных хозяйствующих субъектов в загрязнение воздуха селитебных территорий для анализа предлагаемых воздухоохранных мероприятий с позиций общественной и государственной заинтересованности. Данная проблема особо актуальна для городов, где предприятия в процессе развития территорий стихийно и, зачастую, бессистемно «вросли в ткань города», санитарно-защитные зоны перекрывают друг друга, соседствуют с жилой застройкой, дачными и садово-огородными участками, рекреационными и общественно-культурными зонами [3,4]. При этом загрязнение воздушной среды является следствием суммарного воздействия отдельных хозяйствующих субъектов, которым зачастую далеко не просто найти общий язык и разделить ответственность перед жителями и администрацией поселения. Вместе с тем разделение ответственности необходимо, поскольку техногенное загрязнение воздушной среды наносит серьезный ущерб обществу и природе, формирует на территориях социальные и медико-демографические проблемы. В ряде случаев эти проблемы носят локальный характер, в ряде случаев характеризуются многолетним, напряженным противостоянием населения и промышленных предприятий [5–7].

Обеспечение экологической безопасности жителей посредством установления санитарно-защитных зон (СЗЗ) — законодательно закрепленный инструментальный, многократно опробованный и широко применяемый уже не одно десятилетие. При этом разработка проекта индивидуальной СЗЗ структурирована, обеспечена нормативной документацией в необходимом объеме, исключает зависимость конкретного предприятия от других природопользователей. Действующие с 2007 г. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы¹, а также утвержденные в 2018 г. постановлением Правительства РФ №222² «Правила установления санитарно-защитных зон ...» допускают проектирование единых границ СЗЗ для объектов, расположенных в

промышленных узлах, и, как следствие, оценку суммарного воздействия на среду обитания человека. Однако сложившаяся практика свидетельствует о приоритете проектирования хозяйствующими субъектами индивидуальных санзон, даже если эти предприятия входят в состав промышленных узлов или групп объектов, расположенных на общем земельном участке или сопряженных землях [8–13]. Несинхронизированные по времени процессы инвентаризации не позволяют получить полную картину состояния производственных процессов предприятий промузла. Выполненные в разные периоды расчеты рассеивания используют выданные на разные промежутки времени и условия фоновые концентрации загрязняющих примесей, что искажает общее понимание вкладов предприятий в общее загрязнение. Не имея общей картины источников и уровней воздействия, городские власти не обеспечены достоверной информацией для принятия решений по организации планировочной, природоохранной деятельности, информирования населения, в том числе при поступлении жалоб.

Цель исследования — разработка и апробация подходов к организации и методической поддержке проектирования единой СЗЗ группы предприятий в условиях сложившейся городской застройки.

Материалы и методы. В качестве объекта исследования был выбран промышленный узел, сформированный 5 промышленными предприятиями и расположенный на территории крупного городского поселения численностью более 450 тыс. чел. Состав промышленных предприятий формируется следующими производствами:

- производство цветных металлов в количестве от 100 до 2000 т/год — размер СЗЗ составляет 300 м (раздел 7.1.2, п. 1 — здесь и далее СанПиН 2.2.1/2.1.1.1.1200–03–«Металлургические, машиностроительные и металлообрабатывающие объекты и производства»);
- производство кирпича (красного, силикатного), строительных керамических и огнеупорных изделий — размер СЗЗ составляет 300 м (раздел 7.1.4, п. 7, «Строительная промышленность»);
- производство железобетонных изделий (ЖБК, ЖБИ) — размер СЗЗ составляет 300 м (раздел 7.1.4, п. 10) «Строительная промышленность»;
- производство металлоштамп — размер СЗЗ составляет 50 м (раздел 7.1.2, п. 3, «Металлургические, машиностроительные и металлообрабатывающие объекты и производства»);
- районная котельная — для котельных тепловой мощностью менее 200 Гкал, работающих на твердом, жидком и газообразном топливе, размер СЗЗ устанавливается в каждом конкретном случае на основании расчетов рассеивания загряз-

¹ СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 (новая редакция) «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов».

² Правила установления санитарно-защитных зон и использования земельных участков, расположенных в границах санитарно-защитных зон, утв. постановлением Правительства РФ №222 от 03.03.2018 г.

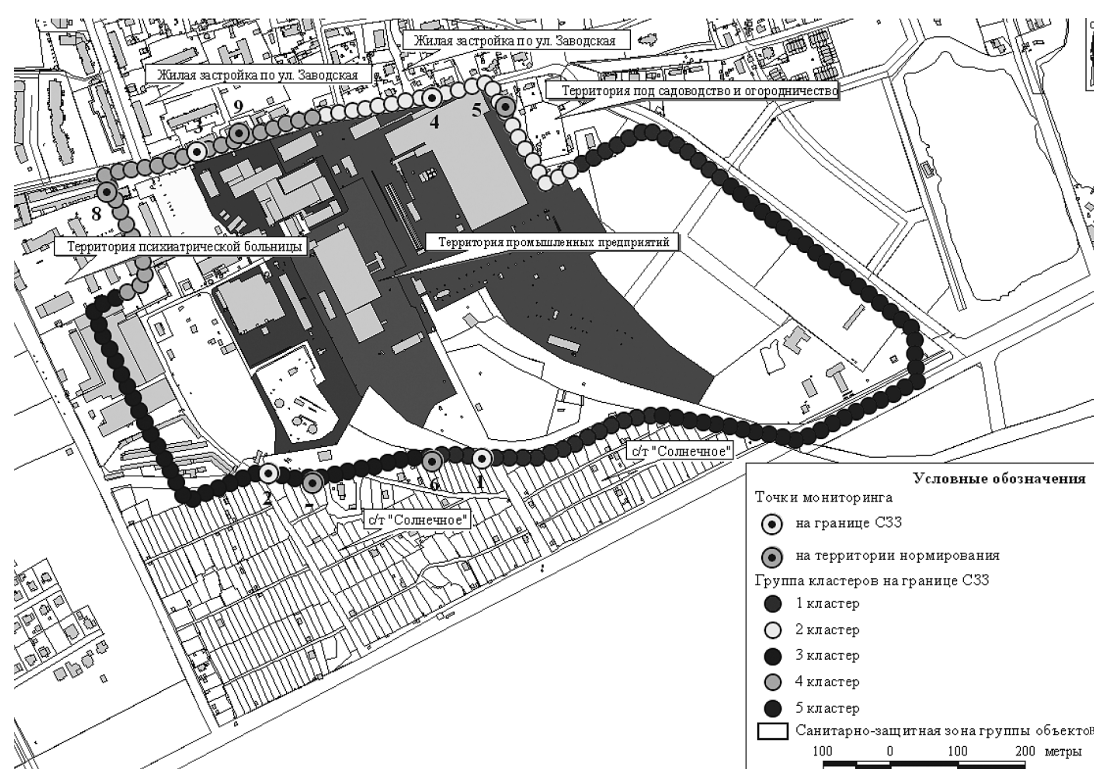


Рисунок. Карта-схема ранжирования границы СЗЗ на кластеры
Figure. A map showing SPZ boundary ranking as per clusters

нений атмосферного воздуха и физического воздействия на атмосферный воздух (шум, вибрация, ЭМП и др.), (п. 7.1.10, примечания п. 1).

Расчеты рассеивания примесей от выбросов предприятий выполняли с использованием УПРЗА «Эколог» версия 4.50.4, реализующей МРР–2017 «Методы расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе...»³. Расчеты рассеивания выполнялись от всех источников выбросов группы предприятий с учетом неодновременности работы оборудования. Расчетные точки устанавливали по внешнему периметру ЕСЗЗ с шагом 200 м.

Расчета уровня шума выполнялся программным комплексом «Эколог-Шум», разработанный фирмой «Интеграл», и разрешенной к использованию ФС Роспотребнадзора РФ.

При расчетах рассеивания принимались во внимание данные о фоновом загрязнении атмосферного воздуха, предоставленные уполномоченным органом. Дополнительно в качестве фонового источника выброса был рассмотрен автотранспорт, движущийся по автомагистрали, прилегающей к промышленной зоне. Выброс загрязняющих веществ от автотранспорта был рассчитан в программе «Магистраль», учитывающей интенсивность транспортных потоков и типы транспортных средств. В целях исключения дублирования фоновых концентраций, предоставленных органами Росгидромета, от автотранспорта учтены загрязняющие вещества, не наблюдаемые сетью экологического мониторинга: углерод (сажа), формальдегид, бензин, керосин.

Координирующую роль в решении задачи объединения усилий взяла на себя администрация поселения. На площадке высшего органа муниципального управления хозяйствующим субъектам было вменено в обязанность принятие участия в проектировании единой СЗЗ в интересах жителей города. Вопросы финансирования решались в двустороннем порядке между каждым хозяйствующим субъек-

том и проектной организацией с учетом качества первичной информации и наличия уже имевшихся у двух из пяти предприятий согласованных проектов индивидуальных СЗЗ.

Для повышения объективности результатов инвентаризации и взаимного доверия к ним была создана межведомственная комиссия из специалистов Росприроднадзора и представителей хозяйствующих субъектов, которая верифицировала ведомости инвентаризации и согласовала сводную базу данных. Последняя легла в основу проектирования санзоны. Полученные результаты позволили решить важнейшие организационно-методические задачи — синхронизированную актуализацию параметров источников выбросов и открытость данных для всех участников проектирования.

Картографирование данных выполнено на единой векторной основе. В проекте устанавливалась как общая внешняя граница единой СЗЗ, так и границы индивидуальных СЗЗ внутри единой с целью распределения последующих обязанностей хозяйствующих субъектов в части содержания СЗЗ.

Результаты и обсуждение. Верификация базы данных по источникам выбросов потребовала оценки соответствия утвержденных проектов предельно-допустимых выбросов каждого хозяйствующего субъекта с фактическими результатами обследования территорий. В итоге было установлено, что в совокупности все производственные объекты группы предприятий формируют 102 источника выбросов и 113 действующих источников шума. Полученный инвентаризационный перечень источников выбросов подтвержден разрешениями на выброс и/или декларациями о воздействии на окружающую среду.

По результатам расчетов рассеивания и критериальной оценки соответствия приземных концентраций разовым или среднесуточным гигиеническим нормативам определена граница общей СЗЗ группы предприятий, исключающая наличие земельных участков, расположение которых не допускается в границах санзоны⁴.

³ Методы расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе. Утв. приказом Минприроды России от 06.06.2017 № 273.

⁴ Правила установления санитарно-защитных зон и использования земельных участков, расположенных в границах санитарно-защитных зон, утв. постановлением Правительства РФ №222 от 03.03.2018 г.

Фрагмент программы натуральных наблюдений за качеством атмосферного воздуха и уровнем шума на границе СЗЗ группы объектов**Fragment of the program of field observations of atmospheric air quality and noise level at the boundary of the SPZ group of objects**

Определяемые примеси	Кратность наблюдений	Частота отбора проб, предприятие, ответственное за проведение натурных наблюдений в точке
Точка №1 (X=1178711, Y=347264) на границе СЗЗ, Предприятие 1		
Диоксид азота	Не менее 30 дней исследований по каждому ингредиенту	В каждый день отбора проб необходимо проведение разовых измерений в контрольной точке
Оксид углерода		
Эквивалентный уровень звука, дБа	1 рабочий день и 1 выходной	День/ночь
Максимальный уровень звука, дБа		
Точка №2 (X=1178358, Y=347243) на границе СЗЗ, Предприятие 2		
Диоксид азота	Не менее 30 дней исследований по каждому ингредиенту	В каждый день отбора проб необходимо проведение разовых измерений
Марганец и его соединения		
Свинец и его неорганические соединения		
Эквивалентный уровень звука, дБа	1 рабочий день и 1 выходной	День/ночь
Максимальный уровень звука, дБа		
Точка №3 (X=1178230, Y= 47707) на границе СЗЗ, Предприятие 3		
Диоксид азота	Не менее 30 дней исследований по каждому ингредиенту	В каждый день отбора проб необходимо проведение разовых измерений
Оксид углерода		
Дигидросульфид (Сероводород)		
Эквивалентный уровень звука, дБа	1 рабочий день и 1 выходной	День/ночь
Максимальный уровень звука, дБа		
Точка №3 (X=1178230, Y=347707) на границе СЗЗ, Предприятие 4		
Толуол	Не менее 30 дней исследований по каждому ингредиенту	В каждый день отбора проб необходимо проведение разовых измерений
Спирт н-бутиловый		
Фенол		
Бутилацетат		
Формальдегид		
Сольвент нафта		
Эквивалентный уровень звука, дБа	1 рабочий день и 1 выходной	День/ночь
Максимальный уровень звука, дБа		
Точка №4 (X=1178599, Y=347796) на границе СЗЗ, Предприятие 5		
Диоксид азота	Не менее 30 дней исследований по каждому ингредиенту	В каждый день отбора проб необходимо проведение разовых измерений
Оксид углерода		
Пыль неорганическая: до 20% SiO ₂		
Эквивалентный уровень звука, дБа	1 рабочий день и 1 выходной	День
Максимальный уровень звука, дБа		

В целях подтверждения предложенных границ СЗЗ группы предприятий сформирована программа контроля, определяющая ответственность каждого хозяйствующего субъекта. На внешнем контуре границы выделено 5 участков (кластеров точек), каждый из которых характеризуются индивидуальным перечнем загрязняющих примесей и уровнем концентраций компонентов.

В каждом из кластеров определена оптимальная точка будущих наблюдений (рисунок) и программа измерений. Фрагмент программы контроля качества атмосферного воздуха на границе СЗЗ группы объектов представлен в таблице.

Параллельно с разработкой единой СЗЗ на карту были нанесены все точки с жалобами населения на неудовлетворительное качество атмосферного воздуха с целью ситуационного моделирования уровней загрязнения на реальные метеорологические условия дней поступления

жалоб жителей и выделением вклада отдельных источников в загрязнение.

Выводы:

1. Координирующая роль органов местного самоуправления при поддержке территориальных органов Роспотребнадзора, Росприроднадзора — залог успешного решения задачи проектирования.

2. Оценка суммарных выбросов и шума промышленных объектов, входящих в группу предприятий, а также использование фоновых концентраций, определяемых на ближайших постах Росгидромета, позволяют максимально корректно определить уровень гигиенических критериев на границе СЗЗ и жилой застройки.

3. Полученные результаты являются ценной аналитической базой, позволяющей достоверно определять долевые вклады предприятий и их источников, планировать природоохранные мероприятия, направленные на минимизацию

рисков здоровья, выполнить прогноз вероятности нарушения гигиенических нормативов на границе СЗЗ, и при необходимости доказывать, насколько реальные уровни загрязнения на контрольной границе определяются источниками хозяйствующего субъекта входящего в группу.

4. Формирование программы контроля достаточности границ СЗЗ должна основываться на результатах сводных расчетов, позволяющих включать маркерные для производства вещества, при этом исключить дублирование контролируемых показателей другими предприятиями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зайцева Н.В., Май И.В., Клейн С.В. Оптимизация программ наблюдения за качеством атмосферного воздуха сельских территорий в системе социально-гигиенического мониторинга на базе пространственного анализа и оценки риска для здоровья населения. *Пермский мед. журнал*. 2010; 27: 2: 130–8.
2. Лощина А.М., Шемякина Я.С., Кривко В.В. Санитарно-защитная зона как элемент обеспечения экологической безопасности и безопасности жизнедеятельности человека. В сборнике: Современное научное знание: теория, методология, практика. Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. 2017; 1: 9–12.
3. Нифонтова Т.И. Проектирование санитарно-защитных зон при эксплуатации и модернизации предприятия. Ключевые вопросы экспертизы и согласования. *Практические рекомендации Нефть. Газ. Новации*. 2012; 12: 15–8.
4. Крупина Н.Н., Куприянова Е.Н. Единая санитарно-защитная зона как инновационный прием реконструкции территории старопромышленных городов. *Региональная экономика: теория и практика*. 2013; 30: 26–36.
5. Куприянова Е.Н., Смирнова В.О. Санитарно-защитная зона промышленного предприятия как элемент урбанизированных территорий. В книге: *Моделирование и ситуационное управление качеством сложных систем*. 2017; 1: 155–9.
6. Андреева Е.Е. и др. Гигиеническая оценка приоритетных факторов риска среды обитания и состояния здоровья населения г. Москвы. *Анализ риска здоровью*. 2016; 3: 23–34.
7. Загороднов С.Ю., Кокоулина А.А., Попова Е.В. Изучение компонентного и дисперсного состава пылевых выбросов предприятий металлургического комплекса для задач оценки экспозиции населения. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2015; 17(5–2): 451–6.
8. Сосновцева Е.В., Садыкова Г.А. Опыт разработки проекта единой (окончательно установленной) санитарно-защитной зоны. *Нефтепромысловое дело*. 2011; 8: 84–7.
9. Арефьева А.В. и др. Порядок согласования и утверждения проектов санитарно-защитных зон предприятий. В сборнике: *Сборник научных трудов ТамНИПИнефть*. 2018; 1: 380–6.
10. Киреев А.А. Состояние вопроса организации санитарно-защитных зон промышленных предприятий города Оренбурга. *Здоровье населения и среда обитания*. 2010; 4: 19–20.
11. Ломтев А.Ю., Карелин А.О., Еремин Г.Б. Организационные основы СЗЗ. *ТехНадзор*. 2015; 3: 62–3.
12. Ломтев А.Ю. Сводные ПДВ и проекты единых СЗЗ как важнейший элемент охраны среды обитания населения. *Башкирский экологический вестник*. 2012; 1: 42–3.
13. Магид А.Б. и др. Особенности решения вопросов экологической безопасности и обеспечения санитарно-гигиенических требований при разработке проектов санитарно-защитных зон

для группы предприятий. *Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний*. 2016; 4: 44–5.

REFERENCES

1. Zaitseva N.V., Mai I.V., Klein S.V. Optimization of residential area air quality supervision in social-hygienic monitoring on the basis of spatial analysis and inhabitants health risk Assessment. *Permiskij medicinskij zhurnal*. 2010; 27: 2: 130–8 (in Russian).
2. Loshhinina A.M., Shemjakina Ja.S., Krivko V.V. Sanitary protection zone as an element of environmental safety and human life safety. In the collection: Modern scientific knowledge: theory, methodology, practice. In the collection: Modern scientific knowledge: theory, methodology, practice. In: *Sovremennoe nauchnoe znanie: teorija, metodologija, praktika. Sbornik nauchnyh trudov po materialam Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii*. 2017; 1: 9–12 (in Russian).
3. Design of sanitary protection zones during operation and modernization of the enterprise. Key issues of expertise and coordination. *Prakticheskie rekomendacii Neft'. Gaz. Novacii*. 2012; 12: 15–8 (in Russian).
4. Krupina N.N., Kupriyanova E.N. Unified sanitary protection zone as an innovative method of reconstruction of the territory of old industrial cities. *Regional'naja jekonomika: teorija i praktika*. 2013; 30: 26–36 (in Russian).
5. Kupriyanova E.N., Smirnova V.O. Sanitary protection zone of an industrial enterprise as an element of urbanized territories. In the book: *Modelirovanie i situacionnoe upravlenie kachestvom slozhnyh sistem*. 2017; 1: 155–9 (in Russian).
6. Andreeva E.E. et al. Hygienic assessment of priority risk factors of the environment and health of the population of Moscow. *Analiz riska zdorov'ju*. 2016; 3: 23–34. (in Russian)
7. Zagorodnov S.Yu., Kokoulina A.A., Popova E.V. Studying of component and disperse structure of dust emissions of metallurgical complex enterprises for problems of estimation the population exposition. *Izvestija Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk*. 2015; 17(5–2): 451–6 (in Russian).
8. Sosnovzheva E.V., Sadykova G.A. Experience of development of the project of the uniform (finally established) sanitary protection zone. *Neftpromyslovoe delo*. 2011; 8: 84–7 (in Russian).
9. Arefeva A.V., Grechishnikova N.A., Zvegintzheva T.N. The order of coordination and approval of projects of sanitary protection zones of enterprises. In the collection: *Sbornik nauchnyh trudov TatNIPIneft'* Moskva, 2018; 1: 380–6 (in Russian)
10. Kireev A.A. The state of the organization of sanitary protection zones of industrial enterprises of the city of Orenburg. *Zdorov'e naselenija i sreda obitanija*. 2010; 4: 19–20 (in Russian).
11. Lomtev A.Yu., Karelin A.O., Eremin G.B. Organizational principles of the SPZ. *TehNadzor*. 2015; 3: 62–3 (in Russian).
12. Lomtev A.Yu. Combined MPE and SPZ single projects as the most important element of the protection environment of the population. *Bashkirskij ekologicheskij vestnik*. 2012; 1: 42–3 (in Russian).
13. Magid A.B., Mulikova A.A., Mukhamadiev A.I. Features of the decision of questions of ecological safety and ensuring sanitary and hygienic requirements at development of projects of sanitary protection zones for group of the enterprises. *Mir nefteproduktov. Vestnik neftyanyh kompanij*. 2016; 4: 44–5 (in Russian).

Дата поступления / Received: 16.08.2019

Дата принятия к печати / Accepted: 08.11.2019

Дата публикации / Published: 28.11.2019

DOI: <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-11-945-949>

УДК 616.15–008.1

© Коллектив авторов, 2019

Байдина А.С.¹, Зайцева Н.В.¹, Костарев В.Г.², Устинова О.Ю.^{1,3}**Артериальная гипертензия и факторы сердечно-сосудистого риска у работников подземной добычи рудных ископаемых**¹ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», ул. Монастырская, 82, Пермь, Россия, 614045;²Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Пермскому краю, ул. Куйбышева, 50, Пермь, Россия, 614016;³Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет», ул. Букирева, 15, Пермь, Россия, 614990

Введение. Широкое распространение шахтной добычи полезных ископаемых в России обуславливает высокую актуальность сохранения трудовых ресурсов в этой отрасли, предотвращение профессиональной и производственно обусловленной заболеваемости, снижение случаев временной и стойкой утраты трудоспособности. Шахтная добыча полезных ископаемых характеризуется воздействием на работников ряда неспецифических вредных (опасных) факторов: производственный шум, общая и локальная вибрация, тяжесть труда, нагревающий или охлаждающий микроклимат, низкая освещенность. Воздействие данных факторов предрасполагает к развитию патологии сердечно-сосудистой системы.

Цель исследования — изучение распространенности артериальной гипертензии среди подземных горнорабочих, клинических особенностей и изменений комплекса биохимических факторов риска сердечно-сосудистых осложнений.

Материалы и методы. Группу наблюдения составили 98 работников подземной добычи хромовой руды. Группу сравнения (работающие в условиях вне воздействия исследуемых производственных факторов) составили 75 работников данного предприятия. Все обследованные работники — мужчины. Для изучения влияния условий труда на здоровье работников были выбраны рабочие места с характерным набором вредных производственных факторов (хром, пыль, шум, вибрация, тяжесть труда, напряженность труда, охлаждающий микроклимат) и одинаковыми режимами работы (скользящий трехсменный график с продолжительностью смены восемь часов). Исследование лабораторных показателей (маркеров риска сердечно-сосудистой патологии) выполнено унифицированными общеклиническими, биохимическими и иммуноферментными методами.

Результаты. В группе подземных горнорабочих установлено превалирование случаев артериальной гипертензии (у 31,3% в группе наблюдения и у 17,2% обследованных в группе сравнения, $p=0,042$), которое становится статистически значимым при стаже работы более 10 лет. В исследовании установлены клинические особенности анамнеза и объективного статуса работников шахты по добыче хромовой руды. При лабораторном исследовании в группе горнорабочих установлено наличие ряда параклинических синдромов: синдром системного воспаления и иммунной активации, синдром дислипидемии, синдром оксидативного стресса, нарушение гормонального профиля, синдром нарушения функции почек.

Выводы. Работники подземной добычи хромовой руды характеризуются высокой частотой артериальной гипертензии при стаже работы более 10 лет. Выявленные в работе клинические и инструментальные изменения в группе наблюдения дают основания для разработки направленных профилактических программ у данной категории работников рудных шахт.

Ключевые слова: подземная добыча полезных ископаемых; производственно обусловленная патология; артериальная гипертензия

Для цитирования: Байдина А.С., Носов А.Е., Власова Е.М., Тиунова М.И., Порошина М.М., Устинова О.Ю., Костарев В.Г. Артериальная гипертензия и факторы сердечно-сосудистого риска у работников подземной добычи рудных ископаемых. *Мед. труда и пром. экол.* 2019; 59 (11). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-11-945-949>

Для корреспонденции: Байдина Анастасия Сергеевна, врач-кардиолог отделения профпатологии терапевтического профиля ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», канд. мед. наук. E-mail: anastasia_baidina@mail.ru.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Anastasiya S. Baydina¹, Nina V. Zaitseva¹, Vitaly G. Kostarev², Olga Yu. Ustinova^{1,3}**Arterial hypertension and cardiovascular risk factors in employees of underground mining ore minerals**¹Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, 82, Monastyrskaya str., Perm, Russia, 614045;²Administration of Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing in Perm Region, 50, Kuibyshev str., Perm, Russia, 614016;³Perm State University, 15, Bukireva str., Perm, Russia, 614990

Introduction. The wide spread of mining in Russia determines the high relevance of the preservation of labor resources in this industry, the prevention of occupational and production-related morbidity, reducing cases of temporary and permanent disability. Mine mining is characterized by the impact on workers of several nonspecific harmful (dangerous) factors: industrial

noise, general and local vibration, the severity of labor, heating or cooling microclimate, low light. The impact of these factors predisposes to the development of pathology of the cardiovascular system.

The aim of the study was to study the prevalence of hypertension among underground miners, clinical features and changes in the complex of biochemical risk factors for cardiovascular complications.

Materials and methods. The observation group consisted of 98 employees of underground chrome ore mining. The comparison group (working in conditions outside the influence of the studied production factors) consisted of 75 employees of this enterprise. All employees surveyed are male. To study the impact of working conditions on the health of workers, workplaces with a characteristic set of harmful production factors (chrome, dust, noise, vibration, labor severity, labor intensity, cooling microclimate) and the same working modes (sliding three-shift schedule with a shift duration of eight hours) were selected. The study of laboratory parameters (markers of risk of cardiovascular disease) was performed by unified General clinical, biochemical and enzyme immunoassay methods.

Results. In the group of underground miners, the prevalence of arterial hypertension was established (in 31.3% in the observation group and in 17.2% of the surveyed in the comparison group, $p=0.042$), which becomes statistically significant when the work experience is more than 10 years. The study established the clinical features of the anamnesis and objective status of employees of the mine for the extraction of chrome ore. The laboratory study in the group of miners revealed the presence of a number of paraclinic syndromes: systemic inflammation and immune activation syndrome, dyslipidemia syndrome, oxidative stress syndrome, hormonal profile disorder, renal dysfunction syndrome.

Conclusions. Employees of underground mining of chrome ore are characterized by a high incidence of hypertension with experience of more than 10 years. The clinical and instrumental changes revealed in the work in the observation group give grounds for the development of directed preventive programs in this category of ore mine workers.

Keywords: underground mining; production-related pathology; arterial hypertension

For citation: Baydina A.S., Zaitseva N.V., Kostarev V.S., Ustinova O.Yu. Arterial hypertension and cardiovascular risk factors in employees of underground mining ore minerals. *Med. truda i prom. ecol.* 2019; 59 (11). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-11-945-949>

For correspondence: Anastasia S. Baidina, Cardiologist of the Department of occupational pathology of therapeutic profile of Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies. Cand. of Sci. (Med.). E-mail: anastasia_baidina@mail.ru.

Funding. The study had no funding.

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

Введение. Широкое распространение шахтной добычи полезных ископаемых в России обуславливает высокую актуальность сохранения трудовых ресурсов в этой отрасли, предотвращение профессиональной и производственно обусловленной заболеваемости, снижение случаев временной и стойкой утраты трудоспособности [1,2]. Шахтная добыча полезных ископаемых характеризуется воздействием на работников ряда неспецифических вредных (опасных) факторов: производственный шум, общая и локальная вибрация, тяжесть труда, нагревающий или охлаждающий микроклимат, низкая освещенность. Специфические вредные факторы варьируются в зависимости от вида добываемого сырья и включают в себя воздействие пыли определенного химического состава и степени дисперсности [2,3]. Выделяют два основных типа шахт — шахты по добыче каменного угля и шахты по добыче рудных полезных ископаемых. К числу последних относятся шахты по добыче хромовой руды. Рудные полезные ископаемые, как правило, добываются подземным способом. Вследствие большой крепости рудного минерального сырья выемка руды производится с помощью буровзрывных работ. Многообразие используемого технологического оборудования при подземной добыче руды определяет специфику труда горнорабочих, разнообразие и степень выраженности негативного воздействия производственных факторов среды и трудового процесса, основными из которых являются: особые микроклиматические условия, пыль (в том числе специфического химического состава) вибрация, шум, отсутствие дневного света. Интенсивность воздействия того или иного фактора зависит от используемой техники и оборудования, а также от наличия и эффективности применяемых санитарно-технических средств коллективной и индивидуальной защиты [2–4].

Сердечно-сосудистая патология не относится к категории профессиональных заболеваний шахтеров, но

определяет допуск шахтеров к работе, влияет на показатели заболеваемости и смертности в трудоспособном возрасте [5]. При воздействии ряда факторов производства артериальная гипертензия (АГ), а также сопутствующие инструментальные изменения могут рассматриваться как производственно обусловленные состояния. Изучение особенностей формирования АГ у работников горнодобывающей промышленности, особенностей факторов сердечно-сосудистого риска является актуальным вопросом в клинике медицины труда.

Цель исследования — изучение распространенности АГ среди подземных горнорабочих, ее клинических особенностей и изменений комплекса биохимических факторов риска сердечно-сосудистых осложнений.

Материалы и методы. Группу наблюдения составили 98 работников следующих специальностей: проходчик, горнорабочий, машинист буровой установки, машинист скреперной лебедки, бурильщик шпуров. Средний возраст обследованных группы наблюдения составил $39,2,8 \pm 9,0$ года, средний стаж — $9,7 \pm 8,4$ года. Группу сравнения (работающие в условиях вне воздействия исследуемых производственных факторов) составили 75 работников — руководители и специалисты административно-управленческого персонала предприятия; средний возраст группы сравнения — $37,5 \pm 7,9$ года ($p > 0,05$ по отношению к группе наблюдения), средний стаж — $11,0 \pm 7,1$ года ($p > 0,05$ по отношению к группе наблюдения). Все обследованные работники групп наблюдения и сравнения — мужчины. Дополнительный анализ проводился при разделении данных групп по стажу (работники со стажем до 10 лет, 10 и более лет). Для изучения влияния условий труда на здоровье работников были выбраны рабочие места с характерным набором вредных производственных факторов (хром, пыль, шум, вибрация, тяжесть труда, напряженность труда, охлаждающий микроклимат) и одинаковыми режимами ра-

боты (скользящий трехсменный график с продолжительностью смены восемь часов).

По результатам проведенной на предприятии оценки условий труда установлено, что условия труда на всех выбранных рабочих местах группы наблюдения оценены как вредные — класс 3.3–3.4.

Для анализа состояния здоровья работников реализована специально разработанная программа обследования, включающая клиническое обследование с оценкой состояния органов системы кровообращения и комплекс лабораторных диагностических процедур. Исследование лабораторных показателей выполнено унифицированными общеклиническими, биохимическими и иммуноферментными методами с помощью автоматического гематологического AcT5diff AL (Beckman Coulter Inc., США, Франция), биохимического «Keylab» (BPC+Biosed, Италия), иммуноферментного «Infinite F50» (Tecan, Австрия) анализаторов. Проводилось исследование крови на содержание высокочувствительного СРБ (С-реактивный белок), гидроперекиси липидов, мочевой кислоты. Изучался спектр липидов крови, уровни креатинина, β_2 -микроглобулина, гормонов стресса (адреналин, кортизол). Контроль качества выполняемых диагностических исследований обеспечен ведением внутривлабораторного контроля качества (приказ МЗ РФ от 07.02.2000 №45), участием в Федеральной системе внешней оценки качества (сертификат лаборатории №10843 по биохимическим исследованиям, №10845 — по общеклиническим исследованиям) и в международной системе оценки качества лабораторных исследований EQAS (сертификат лаборатории 9473). Клиническое и лабораторное диагностическое обследование выполнено в соответствии с обязательным соблюдением этических норм, изложенных в Хельсинкской декларации 1975 г. с дополнениями 1983 г., заключение этического комитета (протокол № 15 от 11.02.2018), от каждого пациента получено информированное согласие.

Математическая обработка результатов осуществлена с помощью параметрических методов вариационной статистики. Проверка статистических гипотез проводилась с использованием критериев Стьюдента. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты. АГ зарегистрирована у 31,3% в группе наблюдения и у 17,2% обследованных в группе сравнения ($p=0,042$). В стажевой группе до 10 лет доля лиц с АГ составила 24,1% в группе наблюдения и 15,2% в группе сравнения без статистически значимых различий ($p=0,31$), а при стаже более 10 лет — 42,1% и 19,5% соответственно ($p=0,03$).

При объективном клиническом обследовании работников хромовой шахты жалобы на общую слабость и утомляемость в группе наблюдения были выявлены в 6,8% случаев (в группе сравнения — в 3,8%; $p=0,48$), при этом частота данных жалоб в группе наблюдения существенно не менялась со стажем, тогда как в группе сравнения при стаже до 10 лет они отсутствовали, а при стаже более 10 лет были сопоставимы по частоте с группой наблюдения (7,2% против 6,25%, $p=0,75$). Головные боли статистически значимо чаще выявлялись в группе сравнения (4,5% против 19,2%, $p=0,05$ в общих группах и 6,5% и 25%, $p=0,04$ в группах со стажем до 10 лет). В группах со стажем более 10 лет статистически значимых различий по частоте регистрации жалоб на головные боли выявлено не было (0% и 10%, $p=0,22$). Жалобы на одышку в группе наблюдения регистрировались статистически значимо чаще, чем в группе сравнения (20,4% против 3,8%, $p=0,046$), при этом в группе сравнения

данная жалоба фиксировалась только в стажевой группе до 10 лет у 6,3% обследованных. Жалобы на отеки ног предъявляли только представители группы наблюдения, однако различия не достигали статистической значимости (4,5% против 0%, $p=0,22$). Давящие боли в груди не выявлялись ни в одной из групп, а колющие боли в области верхушки сердца — только в группе сравнения с максимальной долей при стаже до 10 лет без статистически значимых различий с группой наблюдения (0% против 6,25%, $p=0,16$). Не было выявлено статистически значимых различий между группами и по жалобам на сердцебиение (5,5% против 2,2%, $p=0,59$).

В объективном статусе работников хромовых шахт был установлен ряд особенностей. Систолический шум на сонных артериях статистически значимо чаще выявлялся в группе наблюдения (20,5% против 3,8%, $p=0,05$) с сохранением значимых различий в стажевых группах более 10 лет (28,5% против 0%, $p=0,04$). По показателю частоты сердечных сокращений (ЧСС) выявлены статистически значимые различия во всех стажевых группах (54,5% против 13,5% соответственно, $p=0,04$) с повышением доли лиц с ЧСС более 80 уд/мин в группе наблюдения с 41,5% при стаже менее 10 лет до 62,4% при стаже более 10 лет (в группе сравнения с 8,2 при стаже менее 10 лет до 17,8% при стаже более 10 лет).

При обследовании работников группы наблюдения получены лабораторные данные, отклонения которых характеризуют развитие негативных эффектов со стороны сердечно-сосудистой системы.

При оценке показателей, характеризующих наличие субклинического асептического воспаления, установлено, что среднее значение высокочувствительного СРБ в сыворотке крови обследованных группы наблюдения достоверно в 2,9 раза превышало аналогичный показатель группы сравнения и составило $12,0 \pm 2,50$ мг/дм³ и $4,12 \pm 2,78$ мг/дм³ соответственно ($p=0,0001$). Оценка показателей, характеризующих активность окислительных процессов, показала, что уровень гидроперекиси липидов в сыворотке крови обследованных работников группы наблюдения достоверно превысил в 1,6 раза аналогичный показатель в группе сравнения и составил $209,35 \pm 66,22$ мкмоль/дм³ (против $129,79 \pm 32,00$ мкмоль/дм³ в группе сравнения, $p=0,035$). Установлено, что частота регистрации проб с повышенным уровнем данного показателя у работников группы наблюдения достигало 30% случаев, при отсутствии таковых проб в группе сравнения ($p=0,03$).

В группе наблюдения концентрация мочевой кислоты в крови была статистически значимо выше, чем в группе сравнения: $337,76 \pm 18,15$ против $299,15 \pm 20,82$ мкмоль/дм³ ($p=0,008$). При анализе стажевых подгрупп установлено, что достоверное превышение уровня мочевой кислоты в группе наблюдения выявлено только при стаже до 10 лет: $338,62 \pm 23,07$ мкмоль/дм³ и $299,30 \pm 32,42$ мкмоль/дм³ соответственно ($p=0,05$).

Оценка состояния липидного обмена показала, что у работников группы наблюдения зарегистрировано достоверно в 1,2 раза более низкий уровень ЛПВП (липопротеиды высокой плотности), в крови ($1,36 \pm 0,08$ ммоль/дм³) относительно аналогичного показателя в группе сравнения ($p=0,01$). Частота регистрации проб с пониженным значением ЛПВП составила 61,8% в группе наблюдения при 50,0% проб в группе сравнения ($p=0,001$). При раздельном анализе стажевых групп сохранялась тенденция к снижению ЛПВП в группе наблюдения без достижения статистической значимости ($p=0,081-0,33$). Обращает на себя внимание повы-

шение в 1,2–1,3 раза уровня ЛПНП ($3,25 \pm 0,18$ ммоль/дм³), триглицеридов ($1,71 \pm 0,25$ ммоль/дм³) и индекса атерогенности ($3,02 \pm 0,29$) в сыворотке крови работников группы наблюдения относительно аналогичных показателей в группе сравнения ($p=0,0001$ – $0,043$). При этом средний уровень индекса атерогенности у работников группы наблюдения в 1,2 раза превышал верхнюю границу физиологической нормы ($p=0,001$), а частота регистрации проб с повышенным значением данного показателя составила 57,9% случаев, что в 1,7 раза выше, чем в группе сравнения ($p=0,0001$). В обеих стажевых группах сохранялись статистически значимые различия по уровню содержания ЛПНП (в группе со стажем до 10 лет $3,13 \pm 0,20$ ммоль/дм³ и $2,71 \pm 0,19$ ммоль/дм³ соответственно, $p=0,005$; более 10 лет $3,56 \pm 0,36$ ммоль/дм³ и $2,91 \pm 0,42$ ммоль/дм³ соответственно, $p=0,02$). Различия по уровню триглицеридов при раздельном анализе стажевых групп не достигали статистической значимости, в то время как различия по индексу атерогенности сохранялись в обеих стажевых группах и составили в группах со стажем до 10 лет $2,92 \pm 0,33$ и $2,28 \pm 0,38$ ($p=0,01$); $3,28 \pm 0,597$ и $2,31 \pm 0,33$ ($p=0,005$) в группах наблюдения и сравнения соответственно.

Обращает на себя внимание повышенный уровень адреналина в сыворотке крови работников группы наблюдения ($63,81 \pm 22,62$ пг/см³), что в 1,7 раза превышало аналогичный показатель работников группы сравнения ($p=0,03$). Уровень адреналина при стаже до 10 лет имел тенденцию к повышению и составил в группе наблюдения: $71,37 \pm 28,85$ пг/см³, в то время как в группе сравнения не превышал $42,06 \pm 17,19$ пг/см³ ($p=0,07$). В группах со стажем более 10 лет уровень адреналина статистически значимо не различался и составлял $45,66 \pm 47,95$ и $40,943 \pm 17,60$ пг/см³ соответственно ($p=0,81$). В крови работников группы наблюдения выявлено более высокое содержание кортизола ($392,96 \pm 28,32$ нмоль/см³ и $336,10 \pm 39,54$ нмоль/см³ в группах наблюдения и сравнения соответственно, $p=0,03$); при этом статистически достоверные различия с группой сравнения установлены только в группах со стажем более 10 лет ($409,10 \pm 46,48$ нмоль/см³ и $325,68 \pm 38,74$ нмоль/см³ соответственно, $p=0,03$).

При исследовании показателей, характеризующих выделительную функцию почек, у работников группы наблюдения установлен достоверно более высокий уровень креатинина в сыворотке крови относительно данного показателя в группе сравнения ($92,36 \pm 2,66$ мкмоль/дм³ против $83,60 \pm 4,09$ мкмоль/дм³ соответственно, $p=0,001$). При этом количество случаев с повышенным значением креатинина в сыворотке крови составило 30,3%, что в 2,1 раза превысило показатель группы сравнения ($p=0,05$). О тенденции к изменению фильтрационной суммарной функции почек у работников группы наблюдения свидетельствует снижение скорости клубочковой фильтрации ($103,59 \pm 5,11$ мл/мин/м² и $112,27 \pm 5,51$ мл/мин/м² в группах наблюдения и сравнения соответственно, $p=0,025$). В группе наблюдения частота регистрации проб с понижением скорости клубочковой фильтрации достигала 18,2% случаев, в то время как в группе сравнения — не превышала 6,7% (кратность различий — 2,7 раза, $p=0,066$). Статистически значимое снижение скорости клубочковой фильтрации в группе наблюдения установлено только у лиц со стажем работы до 10 лет ($105,161 \pm 5,444$ мл/мин против $112,27 \pm 5,51$ мл/мин соответственно, $p=0,03$). В группах со стажем более 10 лет скорость клубочковой фильтрации составила $96,25 \pm 10,918$ мл/мин и $105,846 \pm 6,601$ мл/мин соответственно ($p=0,12$). Обращает на себя внимание по-

вышенный уровень β_2 -микроглобулина в сыворотке крови у работников группы наблюдения относительно данных показателей в группе сравнения: $0,001 \pm 0,0001$ мкг/см³ и $0,00084 \pm 0,00005$ мкг/см³ соответственно ($p=0,002$). Уровень β_2 -микроглобулина в подгруппе со стажем до 10 лет также был достоверно выше в группе наблюдения: $1,102 \pm 0,178$ мкг/см³ против $0,84 \pm 0,079$ мкг/см³ в группе сравнения ($p=0,008$). В группах со стажем более 10 лет достоверных различий по уровню β_2 -микроглобулина в сыворотке крови не было установлено. Уровни β_2 -микроглобулина в моче не имели статистически значимых различий при любом стаже работы.

Обсуждение. Изучение механизмов развития производственно-обусловленной сердечно-сосудистой патологии у работников горнодобывающего предприятия имеет критически важное значение для предотвращения потери трудоспособности и профилактики сердечно-сосудистых осложнений.

Развитие заболеваний системы кровообращения (в частности, АГ с кардиоваскулярными факторами риска и ассоциированными состояниями) изучалось в различных исследованиях. В шахтерских городах смертность в трудоспособном возрасте на 20–30% выше в сравнении с общепопуляционной. В угольной отрасли в 1,5 раза выше уровень заболеваемости сердечно-сосудистой патологией с временной утратой трудоспособности, а по отдельным шахтам этот показатель превышает среднероссийский в 2–2,5 раза [6]. Н.А. Холопкина и соавторы изучали риск возникновения сердечно-сосудистых заболеваний у шахтеров в Ростовской области. Авторами показано, что у шахтеров наиболее распространена АГ 2 степени с высоким риском сердечно-сосудистых осложнений. Подавляющее большинство шахтеров с АГ имели избыточную массу тела, ожирение, дислипидемию. В структуре поражений органов-мишеней часто встречались гипертрофия левого желудочка (84%), ангиопатия сетчатки (71%) и дисциркуляторная энцефалопатия (29%). Ишемическая болезнь сердца у шахтеров с АГ была установлена в 24% случаев [6,7]. К.К. Карбаляным и соавторами проведено исследование распространенности АГ у шахтеров Карагандинского угольного бассейна. Выявлена высокая распространенность заболевания среди подземных рабочих, превышающая таковую в группе наземных рабочих.

Установлены особенности формирования АГ среди шахтеров, в частности, развитие заболевания в молодом возрасте при небольшом стаже работы в подземных условиях, преобладание мягкой и умеренной форм. По показателям относительного риска и этиологической доли производственных факторов, АГ у шахтеров отнесена к производственно обусловленной патологии [6,8]. Н.И. Панев и соавторы изучали особенности липидного обмена и уровня гомоцистеина у больных атеросклерозом в сочетании с пылевой патологией легких у шахтеров, длительно работающих в пылевых условиях. Показано, что у шахтеров с пылевой патологией легких атеросклероз встречается достоверно чаще, чем у лиц, не имеющих таковой. Отмечена более высокая частота атеросклероза по сравнению с контрольной группой как у больных антракосиликозом, так и у больных хроническим пылевым бронхитом, что авторы связывают с более выраженными нарушениями липидного обмена и гипергомоцистеинемией [9]. По данным литературы, в патогенезе производственно-обусловленных заболеваний сердечно-сосудистой системы одно из ведущих мест занимает пылевое загрязнение атмосферного воздуха [10].

Заключение. В настоящем исследовании установлено достоверное превалирование случаев АГ в группе подземных горнорабочих, которое наиболее значимо проявлялось при стаже более 10 лет. Выявлены клинические особенности группы шахтеров и группы сравнения по жалобам и объективному статусу. При лабораторном исследовании в группе горнорабочих установлено наличие ряда дополнительных изменений, которые с одной стороны, способствуют развитию производственно обусловленной АГ, а с другой стороны — отягощают ее течение с потенциальным развитием ассоциированных клинических состояний: системное воспаление и иммунная активация (повышение уровня СРБ), нарушение липидного обмена (дисбаланс липидных фракций), оксидативный стресс (повышение содержания гидроперекиси липидов в крови концентрации мочевой кислоты крови), нарушение гормонального профиля (увеличение содержания в крови шахтеров адреналина и кортизола), нарушение функции почек (снижение относительно группы сравнения СКФ в группе наблюдения СКФ повышение концентрации β_2 -микроглобулина крови). Наличие выявленных в работе клинических и биохимических особенностей дает основания для дальнейшей разработки направленных профилактических программ у данной категории работников рудных шахт.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Измеров И.Ф. ред. Профессиональная патология: национальное руководство. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2011.
2. Измеров И.Ф. ред. Российская энциклопедия по медицине труда. М.: Медицина; 2005.
3. Ушаков К.З., Каледина Н.О., Киринов Б.Ф. Безопасность ведения горных работ и горноспасательное дело. М.: Издательство Московского государственного горного университета; 2002.
4. Чигисова А.Н., Огарков М.Ю., Максимов С.А. Социально-гигиеническая оценка риска артериальной гипертензии у работников угледобывающих предприятий. *Анализ риска здоровья*. 2017; 3: 76–82.
5. Бабанов С.А. Поражения сердечно-сосудистой системы в практике профпатолога. *Медицинский альманах*. 2016; 4: 106–11.
6. Мартынова Н.А., Кислицына В.В. Профессиональная заболеваемость шахтеров (обзор литературы). *Здоровье. Медицинская экология*. Наука. 2017; 5: 46–52.
7. Холупкина Н.А. Распространенность факторов риска у рабочих угольной промышленности Ростовской области и артериальная гипертензия. *Мед. труда и пром. экол.* 2003; 1: 19–22.
8. Карбалин С.К., Карабаева Р.Ж., Мажитов Т.М. Производственная обусловленность артериальной гипертензии у шахтеров. *Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра СО РАМН*. 2009; 1: 118–21.
9. Панев Н.И. Биохимические показатели сыворотки крови при сочетании атеросклероза с пылевой патологией легких. *Мед. труда и пром. экол.* 2002; 10: 30–4.
10. Vidale S., Campana C. Ambient air pollution and cardiovascular diseases: from bench to bedside. *European Journal of preventive cardiology*. 2018; 25: 818–25. DOI: 10.1177/2047487318766638.

REFERENCES

1. Izmerov I.F. red. *Professional Pathology: National Leadership*. Moscow: GEOTAR-Media, 2011 (in Russian).
2. Izmerov I.F. red. *Rossiyskaya jenciklopedija po medicine truda*. Moscow: Medicine, 2005 (in Russian).
3. Ushakov K.Z., Kaledina N.O., Kirin B.F. *Safety of mining and mine rescue*. Moscow: Izdatel'stvo Moskovskogo gosudarstvennogo gornogo universiteta; 2002.
4. Chigisova A.N., Ogarkov M.Ju., Maksimov S.A. Socio-hygienic risk assessment of hypertension in workers of coal mining enterprises. *Analiz riska zdorov'ju*. 2017; 3: 76–82.
5. Babanov S.A. Damages of the cardiovascular system in the practice of the pathologist. *Medicinskij al'manah*. 2016; 4:106–111.
6. Martynova N.A., Kislicyna V.V. Occupational morbidity of miners (literature review). *Zdorov'e. Medicinskaja ekologija*. Nauka. 2017; 5: 46–52.
7. Holopkina N.A. The prevalence of risk factors among coal industry workers in the Rostov region and arterial hypertension. *Med. truda i prom. ekol.* 2003; 1: 19–22.
8. Karbalin S.K., Karabaeva R.Zh., Mazhitov T.M. The work relation of arterial hypertension in miners. *Bjulleten' Vostochno-Sibirskogo nauchnogo centra SO RAMN*. 2009; 1: 118–21.
9. Panev N.I. Biochemical parameters of blood serum in combination with atherosclerosis and pulmonary dust pathology. *Med. truda i prom. ekol.* 2002; 10: 30–4.
10. Vidale S., Campana C. Ambient air pollution and cardiovascular diseases: from bench to bedside. *European Journal of preventive cardiology*. 2018; 25: 818–25. DOI: 10.1177/2047487318766638.

Дата поступления / Received: 16.08.2019

Дата принятия к печати / Accepted: 01.11.2019

Дата публикации / Published: 28.11.2019

DOI: <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-11-950-955>

УДК 616.833.35/.39-008.1-02:613.644:613.65]-036.3-073.432.19

© Коллектив авторов, 2019

Порошина М.М.¹, Власова Е.М.¹, Перевалов А.Я.²

Оптимизация системы диагностики заболеваний кисти у работников в условиях сочетанного воздействия вибрации и физических перегрузок

¹ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», ул. Монастырская, 82, Пермь, Россия, 614045;

²ФГБОУ ВО «Пермский государственный медицинский университет имени академика Е.А. Вагнера» Минздрава России, ул. Петропавловская, 26, Пермь, Россия, 614990

Результаты научно-исследовательских работ, проведенных ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» за период 2013–2018 гг., показали, что заболевания, связанные с сочетанным воздействием вибрации и физических перегрузок, у работников вредных производств развиваются при стаже 15 лет и более. Группой риска являются женщины старше 35 лет и мужчины старше 40 лет. Патология в стадии развернутых клинических проявлений характеризуется стойким болевым синдромом, и, как следствие, снижением трудоспособности работников.

Цель исследования — оптимизация системы диагностики заболеваний кисти у работников промышленных предприятий, осуществляющих трудовую деятельность в условиях сочетанного воздействия вибрации и физических перегрузок, для разработки программ первичной профилактики.

Группу наблюдения составили 32 работника в возрасте $39,3 \pm 4,3$ года, со стажем $17,4 \pm 4,3$ года; группу сравнения — 30 работников, условия труда которых не связаны с изучаемыми факторами; средний возраст $40,6 \pm 3,4$ года, стаж $19,1 \pm 3,1$ года. Обследование включало анализ результатов специальной оценки условий труда; оценку неврологического статуса; проведение функциональных проб; лабораторные исследования (оценка показателей воспаления), кистевую динамометрию, стимуляционную электронейромиографию; рентгенограммы кистей и лучезапястных суставов, ультразвуковое исследование кистей.

Более половины обследованных лиц группы наблюдения и 3/4 работников группы сравнения жалоб не предъявляли. Показатели динамометрии работников в обеих группах соответствовали физиологической норме ($p > 0,05$). Анализ результатов динамометрии с данными предыдущего года ПМО показал снижение силы мышц кисти ведущей руки на $23,0$ – $16,7\%$ у $83,3\%$ работников группы наблюдения и у $44,4\%$ группы сравнения ($p < 0,05$), в 50% случаев в группе наблюдения зафиксировано уменьшение процента изменения силы мышц кисти (ИСМК), в $38,9\%$ показатели остались без изменений. По данным УЗИ кистей признаки тендинопатии установлены у 85% работников группы наблюдения при отсутствии лиц с подобными изменениями в группе сравнения.

С целью оптимизации системы диагностики заболеваний кисти у работников промышленных предприятий, осуществляющих свою трудовую деятельность в условиях сочетанного воздействия вибрации и физических перегрузок, в случае снижения показателя кистевой динамометрии на 5% и более в течение года рекомендуется проведение УЗИ сухожильно-связочного аппарата кисти, что позволит своевременно выявить ранние признаки тендинопатии.

Ключевые слова: заболевания сухожильно-связочного аппарата кистей; ультразвуковая диагностика; вибрация; физические перегрузки

Для цитирования: Порошина М.М., Власова Е.М., Перевалов А.Я. Оптимизация системы диагностики заболеваний кисти у работников в условиях сочетанного воздействия вибрации и физических перегрузок. *Мед. труда и пром. экол.* 2019; 59 (11). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-11-950-955>

Для корреспонденции: Власова Елена Михайловна, зав. центром профпатологии ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», канд. мед. наук. E-mail: vlasovaem@fcrisk.ru.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Mariya M. Poroshina¹, Elena M. Vlasova¹, Aleksandr Ya. Perevalov²

Optimization of diagnostic system of hand diseases in employees working under combined effects of vibration and physical overloads

¹Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, 82, Monastyrskaya str., Perm, Russia, 614045;

²Administration of Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing in Perm Krai, 50, Kuibyshev str., Perm, Russia, 614016

The results of research carried out by the Federal Scientific Center for Medical and Preventive Technologies of Public Health Risk Management Technologies for the period 2013–2018 showed that diseases associated with the combined effects of vibration and physical overload, employees of hazardous industries develop with experience of 15 years or more. The risk group is women older than 35 years and men older than 40 years. Pathology at the stage of detailed clinical manifestations is characterized by persistent pain syndrome, and, as a consequence, a decrease in the ability to work of workers.

The aim of the study was to optimize the system of diagnosis of hand diseases in workers of industrial enterprises engaged in labor activities under the combined effects of vibration and physical overload, for the development of primary prevention programs.

The observation group consisted of 32 employees aged 39.3 ± 4.3 years, with an experience of 17.4 ± 4.3 years; the comparison group consisted of 30 employees whose working conditions are not related to the studied factors; the average age was 40.6 ± 3.4 years, experience was 19.1 ± 3.1 years. The examination included analysis of the results of a special assessment of working conditions; assessment of neurological status; functional tests; laboratory studies (assessment of inflammation), hand dynamometry, stimulation electroneuromyography; x-rays of the hands and wrist joints, ultrasound examination of the hands.

More than half of the surveyed persons of the observation group and 3/4 of the workers of the comparison group did not make complaints. Indicators of dynamometry of workers in both groups corresponded to physiological norm ($p > 0.05$). Analysis of the results of dynamometer with data from previous years of PMO showed a decrease in strength of muscles of the hand leading hands on 2je,0–16.7% and from 83.3% of the employees of the monitoring group and in 44.4% of the comparison group ($p < 0.05$), in 50% of the cases there was a decrease in the percentage of changes in the hand force variation (HFV) in the observation group, and in 38.9% of the cases the indicators remained unchanged. According to ultrasound of the hands, signs of tendinopathy were established in 85% of the employees of the observation group in the absence of persons with similar changes in the comparison group.

In order to optimize the diagnosis of diseases of the hand in industrial workers who carry out their work under the combined effects of vibration and physical overload, in the case of a decrease in the rate of carpal dynamometry by 5% or more during the year, it is recommended to conduct ultrasound of the tendon-ligamentous apparatus of the hand, which will allow timely identification of early signs of tendinopathy.

Key words: *diseases of tendon-ligamentous apparatus of hands; ultrasonic diagnostics; vibration; physical overload*

For citation: Poroshina M.M., Vlasova E.M., Perevalov A.Ya. Optimization of diagnostic system of hand diseases in employees working under combined effects of vibration and physical overloads. *Med. truda i prom. ekol.* 2019; 59 (11). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-11-950-955>

For correspondence: Elena M. Vlasova, Head of the Center for Occupational Pathology Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Dr. of Sci. (Med.) E-mail: vlasovaem@fcrisk.ru

Funding. The study had no funding.

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

Введение. В последние годы в структуре профессиональной патологии у работников вредных производств, работающих в условиях сочетанного воздействия вибрации и физических перегрузок, наблюдается рост болезней костно-мышечной системы (КМС), в том числе верхних конечностей. В условиях современного производства сохраняются профессии, где работа сопровождается значительными физическими нагрузками и воздействием вибрации, составляющими большую долю в трудовом процессе. Рост патологии костно-мышечной системы регистрируется на предприятиях тяжелого, энергетического и транспортного машиностроения, горнорудной, текстильной промышленности, сельского хозяйства (механизаторы и водители большегрузной техники) [1,2]. По данным Роспотребнадзора с 2015 г. заболевания КМС в Пермском крае заняли лидирующее положение в структуре профессиональной патологии¹.

Результаты научно-исследовательских работ, проведенных ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» (ФБУН «ФНЦ МПТУРЗН») за период с 2013 по 2018 гг. показал, что заболевания верхних конечностей у работников вредных производств развиваются при стаже 15 лет², что является

прогностически неблагоприятным фактором в условиях повышения пенсионного возраста. Большой объем совершаемых силовых движений верхними конечностями в течение рабочей смены в сочетании с локальной вибрацией способствуют формированию заболеваний КМС с преимущественным поражением кистей. Группой риска являются женщины старше 35 лет и мужчины старше 40 лет. Клинические проявления характеризуется стойким болевым синдромом, и, как следствие, снижением трудоспособности работников.

Наибольшее распространение среди профессиональных заболеваний КМС от сочетанного воздействия физических перегрузок и локальной вибрации получили болезни мышечной системы (миофиброз преимущественно разгибателей кисти и пальцев рук); сухожилий и связок (тендовагинит, синдром запястного канала); костей и суставов (эпикондилез плеча, стилоидоз, деформирующий артроз межфаланговых, лучезапястных суставов)³. Среди всех заболеваний кисти от вибрации и физического перенапряжения значительную часть составляют болезни сухожильно-связочного аппарата, такие как тендиниты, тендовагиниты, стенозирующие лигаментозы, туннельные невропатии, при этом на долю повреждений сухожилий приходится до 30%, хрящи и кости повреждаются в меньшем проценте случаев⁴ [3–5].

¹ Материалы государственного доклада «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Пермском крае в 2017 году».

² Н.В. Зайцева и др. Профессионально обусловленные заболевания кистей у работников и работниц предприятий порошковой металлургии: пособие для врачей. Пермь; 2013.

³ Приказ МЗ и СР РФ от 27 апреля 2012 г. № 417н «Об утверждении перечня профессиональных заболеваний».

⁴ Брюханов А.В., Васильев А.Ю. Магнитно-резонансная томография в диагностике заболеваний суставов; Барнаул; 2001.

Учитывая, что большая часть работников с данной патологией трудоспособны в своей профессии, выявление ранних признаков заболевания до появления развернутой клинической картины особенно актуально.

Цель исследования — оптимизация системы диагностики заболеваний кисти у работников промышленных предприятий, осуществляющих свою трудовую деятельность в условиях сочетанного воздействия вибрации и физических перегрузок.

В центре профпатологии «ФБУН «ФНЦ МПТУРЗН» было проведено целенаправленное обследование работников, подвергающихся сочетанному воздействию физических перегрузок и производственной вибрации. Группу наблюдения составили 32 работника в возрасте $39,3 \pm 4,3$ года, со стажем $17,4 \pm 4,3$ года; группу сравнения — 30 работников, условия труда которых не связаны с изучаемыми факторами; средний возраст $40,6 \pm 3,4$ года, стаж $19,1 \pm 3,1$ года. Группы были сопоставимы по возрасту ($p > 0,05$), стажу ($p > 0,05$), гендерной принадлежности ($p > 0,05$). Основные профессии в группе наблюдения — обмотчик, слесарь механосборочных работ; в группе сравнения — электромонтер.

Комплекс исследований включал анализ результатов специальной оценки условий труда (СОУТ), изучение профессионального анамнеза, жалоб, анамнеза заболевания, неврологическое, ортопедическое обследование по общей схеме (двигательная, чувствительная, координаторная сферы), оценку состояния вегетативной нервной системы на сегментарном уровне, проведение функциональных проб; оценку интенсивности боли по визуально аналоговой шкале (ВАШ), анализ тест-опросника боли, адаптированного специалистами центра профпатологии. Лабораторные исследования включали клинический анализ крови, определение содержания С-реактивного белка (СРБ), ревматоидного фактора (РФ), антистрептолизина-О (АСЛО). Функциональная диагностика осуществлялась методами кистевой динамометрии (КДМ), стимуляционной электромиографии (ЭНМГ). Одновременно выполнялась рентгенологическая диагностика состояния кистей и лучезапястных суставов, проводилось ультразвуковое исследование (УЗИ) кистей.

В ходе исследования были проанализированы результаты специальной оценки условий труда (СОУТ — 34 единицы), амбулаторные карты пациента (114 единиц), карты периодического медицинского осмотра (ПМО) за период с 2013 по 2018 г. (150 единиц), истории болезни центра профпатологии (112 единиц).

Лабораторное исследование выполнено с использованием автоматического гематологического анализатора (AcT5diff AL), анализ содержания СРБ, АСЛО, РФ в сыворотке крови проводился соответствующими наборами реагентов методом латекс-агглютинации (Vital Diagnostik, Россия).

Динамометрия осуществлялась с использованием кистевого динамометра ДК-100 (Россия). При разогнутом предплечье исследуемый поочередно правой и левой кистью сжимал ручной динамометр. Выполнялось измерение мышечной силы рук, сравнивались результаты полученной динамометрии с данными за предшествующий медицинскому осмотру год, и определялся процент изменения силы мышц кистей (ИСМК) по формуле: $ИСМК = (Fk1 - Fk2)100\% / Fk1$, где ИСМК — процент изменения силы мышц кисти, %; $Fk1$ — сила кисти предыдущего исследования, даН; $Fk2$ — сила кисти настоящего исследования, даН.

ЭНМГ проводилась по общепринятой методике с использованием электромиографа комплекса «Нейрон-Спектр-4/ВПМ» (ООО «Нейрософт», Россия) при стандартном наложении электродов. При исследовании проводилась стимуляция моторных и сенсорных волокон верхних конечностей. Исследовалось сенсорное проведение в области запястья по срединному и локтевому нервам по стандартной антидромной методике, при входном диапазоне сигнала усилителя до 1–2 мВ, с диапазоном фильтров установленным от 5 до 2000 Гц, импедансом 2–10 кОм; для выделения потенциала действия использовано усреднение 200 стимулов при частоте стимуляции 4 Гц. Нарушение проведения по сенсорным волокнам легкой степени устанавливалось при снижении скорости проведения нервного импульса на 15–29% от норматива (50 м/с), умеренной на 30–49%, выраженной на 50–75%⁵.

Рентгенологическое исследование кистей и лучезапястных суставов выполняли в прямой и боковой проекциях с применением рентгеновского аппарата ТМХR+ (GE Medical Systems S.C.S., Франция), входящего в состав рентгеновского комплекса с цифровой системой получения, обработки, передачи, печати и хранения цифровых рентгеновских изображений в единой базе данных.

УЗИ кистей осуществлялось на ультразвуковой диагностической медицинской системе VIVID E9 (GE Vingmed Ultrasound AS, Норвегия) линейным датчиком частотой 10 МГц, обеспечивающего оптимальную визуализацию исследуемых структур. Последовательно проводилось сканирование тыльной поверхности кисти от проксимальных до дистальных ее отделов, затем ладонной поверхности в такой же последовательности. Структура сухожилий и связок изучалась при продольном и поперечном сканировании кисти. Функциональное состояние сухожилий оценивалось методом динамической эхографии в режиме реального времени. На ладонной поверхности исследовалась структура апоневроза; в области карпального канала — срединного нерва в двух проекциях. При сканировании мягкотканых структур кисти изучались сухожилия сгибателей (глубокого и поверхностного) и разгибателей I-V пальцев; состояние синовиальной оболочки сухожильного влагалища; количество жидкости в синовиальном влагалище; состояние связок (кольцевидные связки, коллатеральные связки, треугольный фиброзный хрящевой комплекс, ладьевидно-полулунная связка).

Статистико-математический анализ проводился с использованием программ STATISTICA for Windows 7.0, Microsoft Excel 2010 и программного модуля, выполненного в виде макроса MS Excel. Критический уровень значимости принимался равным 0,05 ($p < 0,05$). Межгрупповые различия определялись с помощью точного критерия Фишера. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$. Для характеристики ряда значений процента снижения силы мышц кисти использована описательная статистика (медиана, 25-й и 75-й квартили). В ходе исследования был проведен расчет относительного риска (RR) и этиологической доли (EF)⁶ с оценкой доверительного интервала. Наличие связи считалось достоверным, если нижняя граница 95% доверительного интервала (95% CI) была больше единицы.

⁵ Электромиография: клинический практикум. С. Г. Николаев. Иваново: ПресСто; 2013.

⁶ Р 2.2.1766-03 «Руководство по оценке профессионального риска здоровья работников, организационно-методические основы. Принципы и критерии оценки».

Диагностическое обследование выполнено в соответствии с соблюдением этических норм, изложенных в рассмотренной в 2013 г. версии Хельсинкской декларации. Этический комитет ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» одобрил программу исследования (протокол № 117 от 21.11.2017). На добровольное участие в исследовании от всех участников было получено информированное согласие.

Условия труда работников группы наблюдения по фактору локальная вибрация соответствовал классу условий труда 3 «вредный», степень вредности 1 (3.1), по фактору «физические перегрузки» — класс условий труда 3 «вредный» степень вредности 2 (3.2) Выполнение производственных работ было связано с региональными мышечными нагрузками, подъемом и перемещением тяжести вручную. В группе сравнения класс условий труда соответствовал «допустимому» (класс 2), основные виды работ — работы по обслуживанию и ремонту действующих электроустановок.

Основными жалобами, предъявляемыми работниками, были ноющие боли в руках (43,7% случаев в группе наблюдения и 23,3% в группе сравнения; $p>0,05$), зябкость пальцев рук (28,1% в группе наблюдения и 10,0% в группе сравнения; $p>0,05$), эпизодически судороги в кистях типа «кramпи» (15,6% в группе наблюдения и 3,3% в группе сравнения; $p>0,05$). Жалобы на чувство скованности в кистях предъявляли 45,5% работников группы наблюдения и 20,0% группы сравнения ($p>0,05$).

Анализ характера болевого синдрома показал, что в 59,3% случаев в группе наблюдения и в 70% в группе сравнения ($p>0,05$) преобладала боль ноющая, умеренной интенсивности (ВАШ=5,7±0,46), не требующая приема обезболивающих препаратов, не нарушающая функции кисти и качество жизни работников.

Отсутствие жалоб у большей части обследованных, на наш взгляд, объясняются профотбором и «синдромом здорового работника». Отрицание субъективных ощущений связано со стремлением продолжить работу по профессии.

По данным клинического обследования в структуре неврологической патологии превалировал периферический ангиодистонический синдром (ПАДС), который в 1,6 раза чаще диагностировался в группе наблюдения, чем в группе сравнения (43,7% против 26,6% в группе сравнения, $p>0,05$). неврологическая патология отсутствовала у 53,1% лиц в группе наблюдения и у 60% в группе сравнения ($p>0,05$).

Таким образом, ПАДС не является патогномичным синдромом поражения верхних конечностей, при сочетанном воздействии вибрации и физических перегрузок.

Данные динамометрии в группе наблюдения и сравнения соответствовали физиологической норме ($p>0,05$). Следовательно, данные этого метода исследования оказались неинформативны на этапе ПМО для ранней диагностики заболеваний кисти.

При анализе лабораторных данных среднegrupповые показатели воспаления (СРБ, РФ, АСЛО) в группе наблюдения и сравнения не превышали верхнюю границу физиологической нормы. Достоверных различий между группами не было выявлено. Следовательно, данные показатели также не могут являться критериями диагностики патологии кисти в исследуемом аспекте.

Полученные результаты обследования определяют необходимость поиска информативных показателей начальных признаков поражения верхних конечностей у работни-

ков при сочетанном воздействии вибрации и физических перегрузок в доклиническом периоде болезни.

Анализ результатов динамометрии проводился в сравнении с предыдущими данными в ходе ПМО за трехлетний период с расчетом процента изменения показателя. За нижнюю границу нормы принималось значение для ведущей руки у женщин 25 даН, для мужчин 35 даН. Сила мышц неведущей руки в норме на 5–10 даН меньше [6,7]. В ходе исследования было установлено, что в 83,3% случаев у работников группы наблюдения и в 44,4% случаев группы сравнения ($p<0,05$) имелось снижение силы мышц кисти ведущей руки относительно предшествующего ПМО на 2,0–16,7%; в 50% случаев в группе наблюдения зафиксировано уменьшение процента ИСМК, в 38,9% — показатели остались без изменений. Анализ данных динамометрии контралатеральной кисти не выявил лиц с низкими значениями мышечной силы. Результаты проведенных исследований методом кистевой динамометрии показали, что медиана распределения значений процента снижения за год силы мышц кисти ведущей руки у обследованных работников в среднем соответствовала 4,8% [3,1;9,5], что превышало нормативные темпы физиологического возрастного снижения силы мышц, начинающееся в зависимости от индивидуальных особенностей организма после 25 лет — 45 лет.⁷

Оценка КДМ в динамике показала медленно прогрессирующее снижение силы мышц ведущей кисти у работников при сочетанном воздействии вибрации и физических перегрузок, что является прогностически значимым признаком.

ЭНМГ исследования выявили нарушение проведения по сенсорным волокнам ведущей верхней конечности у 82% работников группы наблюдения и у 75% группы сравнения ($p>0,05$), с преимущественно легкой степенью выраженности ($p>0,05$). Нарушение проведения по сенсорным волокнам неведущей руки наблюдалось у 59% обследованных в группе наблюдения и в 25% в группе сравнения ($p>0,05$) также преимущественно легкой степени выраженности.

Анализ данных рентгенографии кисти и лучезапястного сустава выявил признаки деформирующего остеоартроза I стадии у 43% работников группы наблюдения и только у 6% работников группы сравнения ($p<0,05$); признаки деформирующего остеоартроза II стадии — примерно в равных долях регистрировались в обеих группах ($p>0,05$).

В результате ультразвукового исследования мягкотканых структур кисти и лучезапястного сустава только у 15% обследованных группы наблюдения регистрировалась ультразвуковая норма, в то время как у всех работников группы сравнения отклонений выявлено не было ($p<0,05$). Патологические изменения кистей проявлялись в виде тендинопатии, в том числе в сочетании с тензиномозом, и изменениями срединного нерва. Результаты обследования представлены в таблице.

Расчет относительного риска не показал достоверной связи нарушений проведения по сенсорным волокнам с условиями труда (RR=2,1; 95% CI=0,7–6,2, EF=52,9), однако установлен вклад условий труда в развитие поражения мягкотканых структур кисти (RR=8,2; 95% CI=2,5–27,04, EF=87,8%). Расчет относительного риска подтвердил значимость дополнения в программу обследования ультразвукового исследования, а также показал, что при изолированной оценке динамометрии и электромиографии не могут являться достоверными показателями поражения мягких тканей кистей от действия вибрации и физических перегрузок.

⁷ Солодков А.С., Сологуб Е.Б. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная: Учебник. Изд. 5-е, испр. и доп. М.: Спорт; 2015.

Сравнительный анализ результатов обследования, %
Comparative analysis of survey results, %

Изучаемые признаки	Группа наблюдения	Группа сравнения	p*
Результаты электромиографии (данные ведущей руки)			
Нарушения проводимости по сенсорным волокнам легкой степени	82	75	>0,05
умеренной степени	70	50	>0,05
выраженные	12	25	>0,05
Результаты электромиографии (данные не ведущей руки)			
Нарушения проводимости по сенсорным волокнам легкой степени	59	25	>0,05
умеренной степени	35	25	>0,05
выраженные	12	–	>0,05
Результаты рентгенологического исследования			
Признаки деформирующего остеоартроза I стадии	43	6	<0,05
Признаки деформирующего остеоартроза II стадии	28	23	>0,05
Результаты ультразвукового исследования			
нормальная УЗ-картина	15	100	<0,05
наличие изменений мягкотканых структур кистей, из них:	85	0	<0,05
тендинопатия сгибателей	68	0	<0,05
тендинопатия сгибателей в сочетании с тендинозом	11	0	>0,05
тендинопатии сгибателей в сочетании с изменением срединного нерва	3	0	>0,05
тендинопатии с наличием ганглия	3	0	>0,05

Примечание: *p — достоверность различий.

Note: * p — validity of differences.

Наиболее значимыми для профилактики заболеваний КМС в условиях сочетанного воздействия вибрации и физических перегрузок являются предварительные (при приеме на работу) и периодические медицинские осмотры. Однако объем исследований, включенный в ПМО⁸, не позволяет оценить риск развития заболеваний КМС с целью их профилактики.

Патология мягких тканей, включенная в списки профзаболеваний, ввиду ограниченного применения современных методов ультразвуковой диагностики в условиях ПМО, диагностируются поздно, при снижении трудоспособности работника [8–10].

Выводы:

1. Целесообразна оптимизация системы диагностики заболеваний кисти у работников промышленных предприятий, осуществляющих свою трудовую деятельность в условиях сочетанного воздействия вибрации и физических перегрузок.

2. В случае снижения показателя кистевой динамометрии на 5% и более в течение года, рекомендуется проведение УЗИ сухожильно-связочного аппарата кисти, что позволит своевременно выявить ранние признаки тендинопатии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шайхисламова Э.Р. и др. Анализ динамики профессиональной заболеваемости костно-мышечной и нервной систем в республике Башкортостан. *Nauki medycynej o zdrowie*. 2016; 7: 130–5.

⁸ Приказ Минздравсоцразвития РФ от 12 апреля 2011 г. N 302н «Об утверждении перечней вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), и порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров...»

2. Bovenzi M. Relationships of neurosensory disorders and reduced work ability to alternative frequency weightings of hand-transmitted vibration. *Scand J. Work Environ Health*. 2015; 41(3): 247–58. DOI: 10.5271/sjweh.3490.

3. Непершина О.П. и др. Современный подход к оценке сенсорных нарушений при полинейропатии вибрационного генеза. *Мед. труда и пром. экол.* 2016; 6: 37–42.

4. Кочетова О.А. и др. Профессиональные полиневропатии верхних конечностей — современные подходы к диагностике, лечению и профилактике *Мед. труда и пром. экол.* 2018; 3: 6–9.

5. Шавловская О.А. Нарушение функции нейромоторного аппарата верхних конечностей, вызванное локальной вибрацией. *Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика*. 2015; 7(2): 67–74. DOI: 10.14412/2074-2711-2015-2-67-74.

6. Егорова Е.Ю. и др. Применение кардиоинтервалографии для скрининговой диагностики и оценки эффективности коррекции дефицита магния и коморбидных ему состояний. *Терапевтический архив*. 2015; 8: 16–28.

7. Цориев Т.Т. и др. Содержание миокинов в сыворотке крови у пациентов с эндогенным гиперкортицизмом и акромегалии: одномоментное исследование «случай-контроль». *Вестник РАМН*. 2016; 71 (3): 240–7. DOI: 10.15690/vtamp659.

8. Бабанов С.А., Азовскова Т.А., Вакурова Н. В. и др. Вибрационная болезнь. *Оптимизация диагностических и лечебных мероприятий*. М.: Инфра-М; 2016.

9. Бабанов С.А. и др. Эволюция представлений о вибрационной болезни и современные подходы к ее диагностике и терапии. *Санитарный врач*. 2017; 5–6: 41–53.

10. Карамова Л.М., Шайхисламова Э.Р., Башарова А.В., Власова Н.В. Профессиональные заболевания периферической нервной системы в республике Башкортостан. *Мед. труда и пром. экол.* 2019; 3: 155–61.

REFERENCES

1. Shaykhlislamova E.R. et al. An analysis of the dynamics of the occupational morbidity of the Republic of Bashkortostan. *NAUKI MEDYCZNEI NAUKIO ZDROWIU*. 2016; 7: 130–5 (in Russian).
2. Bovenzi M. Relationships of neurosensory disorders and reduced work ability to alternative frequency weightings of hand-transmitted vibration. *Scand J. Work Environ Health*. 2015; 41(3): 247–58. DOI: 10.5271/sjweh.3490.
3. Neperschina O.P. et al. Contemporary approach to evaluation of sensory disorders in polyneuropathy due to vibration. *Med. truda i prom. ecol*. 2016; 6: 37–42. (in Russian).
4. Kochetova O.A. et al. Occupational polyneuropathy of upper limbs — contemporary approach to diagnosis, treatment and prevention. *Med. truda i prom. ecol*. 2018;3: 6–9. (in Russian).
5. Shavlovskaya O.A. Upper extremity neuromotor dysfunction caused by local vibration. *Nevrologija, nejropsihiatrija, psihosomatika*. 2015;7 (2): 67–74. DOI: 10.14412/2074-2711-2015-2-67-74 (in Russian).
6. Egorova E.Yu. et al. The use of cardiointervalography for diagnosis screening and evaluation of the efficiency of correction of magnesium deficiency and comorbid conditions. *Terapevticheskij arhiv*. 2015; 8: 16–28. (in Russian).
7. Tsoriev T.T. et al. Serum myokines levels in patients with endogenous cushing syndrome and acromegaly: Cross-sectional case–control study. *Annals of the Russian academy of medical sciences*. 2016; 71 (3): 240–7. DOI: 10.15690/vramn659 (in Russian).
8. Babanov S.A., Tatarovskaya N.A. Vibration disease: modern understanding and differential diagnosis. *Russkij medicinskij zhurnal*. 2013; 35: 54–65 (in Russian).
9. Babanov S.A. et al. Evolution of concepts about vibration disease and modern approaches to its diagnostics and therapy. *Sanitarnyj vrach*. 2017; 5–6: 41–53. (in Russian).
10. Karamova L.M. et al. Occupational diseases of peripheral nervous system in Bashkortostan Republic. *Med. truda i prom. ecol*. 2019; 3: 155–61. (in Russian).

Дата поступления / Received: 16.08.2019

Дата принятия к печати / Accepted: 08.11.2019

Дата публикации / Published: 28.11.2019

Особенности нейрогенных механизмов развития артериальной гипертензии у работников шахт по добыче хромовой руды

¹ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», ул. Монастырская, 82, Пермь, Россия, 614045;

²ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», ул. Букирева, 15, Пермь, Россия, 614990

Патогенез артериальной гипертензии является полифакторным и включает в себя ряд взаимообуславливающих механизмов. Один из основных пусковых механизмов артериальной гипертензии — активация симпатического отдела вегетативной нервной системы на фоне хронического стресса.

Цель исследования — изучить особенности variability ритма сердца у работников шахт по добыче хромовой руды. В исследование включены 98 шахтеров предприятия по добыче хромовой руды. Группу сравнения (работающие в условиях вне воздействия исследуемых производственных факторов) составили 75 работников — руководители и специалисты административно-управленческого персонала предприятия. Всем обследованным выполнено исследование variability ритма сердца методом кардиоинтервалографии.

В группе шахтеров подземной добычи хромовой руды выявлено статистически значимое преобладание лиц с артериальной гипертензией. Результаты сравнительного исследования variability ритма сердца показали преобладание исходной симпатикотонии, уменьшение парасимпатических влияний на ритм сердца у работников, занятых подземной добычей хромовой руды. Выявленные изменения variability ритма сердца у работников подземной добычи рудных ископаемых, подвергающихся воздействию комплекса вредных факторов производства, способствуют увеличению риска формирования производственно обусловленной артериальной гипертензии.

Ключевые слова: подземная добыча хромовой руды; артериальная гипертензия; variability ритма сердца

Для цитирования: Ивашова Ю.А., Носов А.Е., Байдина А.С., Власова Е.М., Пономарева Т.А., Устинова О.Ю. Особенности нейрогенных механизмов развития артериальной гипертензии у работников шахт по добыче хромовой руды. *Мед. труда и пром. экол.* 2019; 59 (11). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-11-956-959>

Для корреспонденции: Байдина Анастасия Сергеевна, врач-кардиолог отделения профпатологии терапевтического профиля ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», канд. мед. наук. E-mail: anastasia_baidina@mail.ru.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Olga Yu. Ustinova^{1,2}, Alexander E. Nosov^{1,2}, Anastasiya S. Baydina¹, Tatyana A. Ponomareva¹

Features of neurogenic mechanisms of arterial hypertension development in workers of chrome ore mines

¹Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, 82, Monastyrskaya str., Perm, Russia, 614045;

²Perm State University, 15, Bukireva str., Perm, Russia, 614990

The pathogenesis of hypertension is multifactorial and includes a number of interdependent mechanisms. One of the main triggers of hypertension is the activation of the sympathetic part of the autonomic nervous system against the background of chronic stress.

The aim of the study was to study the features of heart rate variability in workers of chrome ore mines.

The study included 98 miners of the enterprise for the extraction of chrome ore. The comparison group (working in conditions outside the influence of the studied production factors) consisted of 75 employees-managers and specialists of administrative and managerial personnel of the enterprise. All the examined patients underwent a study of heart rate variability by cardiointervalography. A statistically significant predominance of persons with arterial hypertension was revealed in the group of underground chrome ore miners. The results of a comparative study of heart rate variability showed a predominance of the initial sympathicotonia, a decrease in parasympathetic effects on the heart rate in workers engaged in underground mining of chrome ore. The revealed changes in heart rate variability in workers of underground mining of ore minerals exposed to a complex of harmful factors of production contribute to an increase in the risk of production-related hypertension.

Keywords: underground mining of chrome ore; arterial hypertension; heart rate variability

For citation: Ustinova O.Yu., Nosov A.E., Baydina A.S., Ponomareva T.A. Features of neurogenic mechanisms of arterial hypertension development in workers of chrome ore mines. *Med. truda i prom. ekol.* 2019; 59 (11). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-11-956-959>

For correspondence: Anastasiya S. Baidina, Cardiologist of the Department of occupational pathology of therapeutic profile of Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Cand. of Sci. (Med.). E-mail: anastasia_baidina@mail.ru.

Funding. The study had no funding.

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

Артериальная гипертензия (АГ) в настоящее время является наиболее распространенным заболеванием системы кровообращения в мире. По данным литературы, до 30–45% взрослого населения планеты имеют АГ [1,2]. К 2025 г. прогнозируется увеличение количества больных АГ на 15–20% [3]. Уровень систолического артериального давления более 140 мм рт. ст. обуславливает повышение общей смертности, смертности от ишемической болезни сердца (ИБС), геморрагических и ишемических инсультов [1]. Патогенез АГ является полифакторным и включает в себя ряд механизмов, влияние которых у различных пациентов может варьироваться. В руководстве Е. Braunwald в качестве одного из основных пусковых механизмов АГ рассматривается активация симпатического отдела вегетативной нервной системы (ВНС) на фоне хронического стресса. Симпатическая активация запускает целый каскад патогенетических механизмов, таких как эндотелиальная дисфункция и ремоделирование артерий, ренальные механизмы (нарушение экскреции натрия, дисбаланс прессорных гормонов), синдром хронического субклинического воспаления [4].

Производственные факторы в настоящее время недостаточно учитываются при рассмотрении патогенеза болезней системы кровообращения. По данным литературы, воздействие таких факторов, как производственный шум [5–8], вибрация [7], тяжесть труда [9–11], напряженность труда [7,12], охлаждающий микроклимат [13–15], пылевой фактор [16–20] статистически значимо увеличивает частоту сердечно-сосудистой патологии. Работники по подземной добыче рудных полезных ископаемых подвергаются воздействию на рабочем месте комплекса указанных вредных факторов, влияние которых приводит к развитию производственно обусловленной патологии сердечно-сосудистой системы (и, в частности, АГ). В связи с изложенным, изучение патогенетических механизмов развития АГ у работников по подземной добыче рудных ископаемых в целях профилактики потери профессиональной пригодности — актуальная проблема.

Цель исследования — изучить особенности вариабельности ритма сердца у работников шахт по добыче хромовой руды.

В исследование включены 173 работника шахты по добыче хромовой руды, которые были разделены на 2 группы. В группу наблюдения включены 98 работников следующих основных специальностей: проходчик, горнорабочий, машинист буровой установки, машинист скреперной лебедки, бурильщик шпуров. В группу сравнения были включены 75 работников шахты административного аппарата предприятия, не имеющих контакта с вредными производственными факторами. Средний возраст шахтеров $39,2,8 \pm 9,0$ года (в группе сравнения $37,5 \pm 7,9$ года, $p > 0,05$), средний стаж работы — $9,7 \pm 8,4$ года (в группе сравнения $11,0 \pm 7,1$ года, $p > 0,05$). Все обследованные — лица мужского пола. Дополнительный анализ проводился при разделении данных групп по стажу (работники со стажем до 10 лет, 10 и более лет). Группы сопоставимы по основным факторам образа жизни (питание, курение, употребление алкоголя).

По результатам проведенной на предприятии специальной оценки условий труда (СОУТ) установлено, что условия труда на всех выбранных рабочих местах группы наблюдения соответствуют классу 3 (вредные). Эквивалентный уровень шума на рабочих местах шахтеров составлял от 65,3–70,9 дБА (горнорабочий, горный мастер — 2 класс условий труда) до 108,2–114,9 дБА (проходчик, бурильщик шпуров, машинист буровой установки — класс 3,4). Локальная вибрация на рабочих местах проходчика и бурильщика шпуров достигала 135 дБ, а общая вибрация — 127 дБ (класс условий труда 3,3). На рабочем месте машиниста скреперной лебедки

уровень локальной вибрации составлял 127 дБ, общей вибрации — 116 дБ (класс 3,1). На всех рабочих местах шахтеров имела место пониженная температура воздуха (класс 3,3). Региональная/общая физическая нагрузка и частое нахождение в фиксированной позе позволили отнести условия труда у проходчика, бурильщика шпуров, машиниста скреперной лебедки к классу 3,3, у горнорабочего, крепильщика, машиниста буровой установки — к классу 3,2, а у горного мастера — к классу 3,1. Содержание взвешенных веществ (пыли) в воздухе рабочей зоны проходчика, бурильщика шпуров, машиниста буровой установки, машиниста скреперной лебедки соответствовало классу 3,1, в то время как запыленность на рабочих местах горнорабочего, крепильщика и горного мастера не превышала 2 класса. Общий класс условий труда шахтеров соответствовал 3,3–3,4. Условия труда работников группы сравнения соответствовали классу 1 и 2.

Кардиоинтервалография для оценки состояния вегетативной нервной системы (вариабельности ритма сердца — ВРС) выполнялась на компьютерном электрокардиографе «Поли-Спектр-8/ЕХ» (Нейрософт, Россия) с использованием кардиоритмографической программы по стандартной методике, основанной на математическом анализе сердечного ритма. Для анализа были использованы показатели вариационной пульсометрии АМо, ИН (симпатическое звено вегетативной регуляции), Мо (гуморально-метаболическое звено), Dx (парасимпатическое звено).

Диагностическое обследование было выполнено в соответствии с обязательным соблюдением этических норм, изложенных в Хельсинкской декларации 1975 года с дополнениями 1983 года, заключение этического комитета (протокол № 15 от 11.02.2018 г.), от каждого пациента получено информированное согласие.

Математическая обработка результатов осуществлялась с помощью параметрических методов вариационной статистики. Проверка статистических гипотез для количественных данных проводилась с использованием критериев Стьюдента, для качественных данных — с использованием критерия Фишера. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

В группе шахтеров, подвергающихся в процессе работы воздействию вредных факторов производства, частота выявления АГ была достоверно выше, чем в группе сравнения и составила 31,3% и 17,2% соответственно ($p = 0,04$). Достоверное превалирование работников группы наблюдения с АГ выявлено только при стаже работы более 10 лет (42,1% и 19,5% соответственно, $p = 0,03$). При стаже работы до 10 лет достоверных различий по частоте АГ в группах выявлено не было.

Анализ результатов кардиоинтервалографии показал преобладание исходной симпатикотонии у работников группы наблюдения, определявшейся достоверно в 2,1 раз чаще, чем в группе сравнения (36,5% против 16,9%, $p = 0,01$). Соответственно, как эйтония, так и ваготония в группе наблюдения регистрировалась в 1,3 раза и 2,1 раза реже, чем в группе сравнения ($p = 0,2$).

Сравнительный анализ средних значений выявил достоверно меньшее (в 1,2 раза) значение показателя активности парасимпатического звена вегетативной регуляции (Dx) в группе наблюдения относительно группы сравнения ($p = 0,04$). Достоверное различие между группами зафиксировано и по показателю активность гуморально-метаболического звена вегетативной иннервации (Мо) ($p = 0,05$). Данные факты свидетельствуют об уменьшении влияний парасимпатической нервной системы на ритм сердца у работников группы наблюдения. Средние значения интегрального показателя индекса напряжения (ИН) регуляторных систем, характеризующего состояние центрально-

Таблица 1 / Table 1

Анализ среднегрупповых значений показателей кардиоинтервалографии у обследованных работников
Analysis of the mean group values of cardiointervallography indicators in the surveyed workers

Показатель	Группа наблюдения	Группа сравнения	Достоверность различий, ($p < 0,05$)
Мо, с	0,89±0,04	0,94±0,04	0,05
Дх, с	0,28±0,03	0,34±0,05	0,04
АМо, %	46,6±3,5	46±3,8	0,81
ИН, усл. ед.	135,3±34,4	126,0±47,4	0,75

Таблица 2 / Table 2

Среднегрупповые значения показателей кардиоинтервалографии у обследованных работников со стажем работы до 10 лет
Average group values of cardiointervallography indices in the surveyed workers with work experience up to 10 years

Показатель	Группа наблюдения	Группа сравнения	Достоверность различий, р
Мо, с	0,89±0,05	0,95±0,06	0,12
Дх, с	0,27±0,03	0,39±0,09	0,01
АМо, %	47,8±4,9	40,5±5,1	0,04
ИН1, усл. ед.	151,7±51,3	81,6±30,1	0,02

Таблица 3 / Table 3

Среднегрупповые значения показателей кардиоинтервалографии у обследованных работников со стажем работы более 10 лет
Average group values of cardiointervallography indices in the surveyed workers with more than 10 years of experience

Показатель	Группа наблюдения	Группа сравнения	Достоверность различий, ($p < 0,05$)
Мо, с	0,88±0,05	0,93±0,05	0,2
Дх, с	0,29±0,05	0,3±0,07	0,8
АМо, %	44,4±4,6	50±5,2	0,1
ИН1, усл. ед.	104,7±25,6	158,6±79,2	0,2

го контура регуляции с усилением тонуса симпатической нервной системы, в обеих группах соответствовали симпатикотонии ($p=0,75$) (табл. 1).

При анализе результатов кардиоинтервалографии у работников группы наблюдения со стажем работы до 10 лет оптимальный эйтонический тип исходного вегетативного тонуса в группе наблюдения регистрировался достоверно в 2 раза реже, чем в группе сравнения (31,7% и 64%, $p=0,01$). Закономерным являлось и достоверное преобладание в 2,9 раза исходной симпатикотонии (34,2% против 12%, $p=0,05$) и в 2,2 раза гиперсимпатикотонии (26,8% и 12% соответственно, $p=0,1$) у лиц группы наблюдения.

Усиление симпатических влияний на сердечный ритм у работников анализируемой группы подтверждают и достоверно большие значения АМо, ИН1 относительно группы сравнения ($p=0,04$ и $p=0,02$), при этом Дх, отражающий парасимпатические влияния, у работников группы наблюдения в 1,4 раза имел достоверно меньшее значение ($p=0,01$) (табл. 2).

Анализ результатов вариационной пульсометрии у работников со стажем работы более 10 лет не показал достоверных межгрупповых различий. Однако, в группе наблюдения преобладающим типом вегетативной регуляции исходного вегетативного тонуса являлась симпатикотония, определявшаяся в 2 раза чаще, чем в группе сравнения (40,9% против 20,6%, $p=0,1$).

Среднегрупповые значения всех показателей кардиоинтервалографии в группе наблюдения имели тенденцию к более низким значениям, чем в группе сравнения, хотя различия и не достигали статистической значимости ($p=0,1-0,8$) (табл. 3).

Выводы:

1. Состояние вегетативной регуляции у шахтеров подземной добычи хромовой руды характеризовалось повышени-

ем симпатических и снижением парасимпатических влияний вегетативной нервной системы, которое подтверждалось изменением показателей АМо, Дх, ИН.

2. Выявленные изменения вариабельности ритма сердца у работников подземной добычи рудных ископаемых, подвергающихся воздействию комплекса вредных факторов производства, свидетельствуют об активации симпатического звена вегетативной нервной системы, которая способствует увеличению риска формирования производственно обусловленной АГ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 2018ESH/ESC Guidelines for the management of arterial hypertension. The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension and of the European Society of Cardiology. *European Heart Journal*. 2018; 39: 3021–104. DOI: 10.1093/eurheartj/ehy339.
2. NCD Risk Factor Collaboration. Worldwide trends in blood pressure from 1975 to 2015: a pooled analysis of 1479 population-based measurement studies with 19.1 million participants. *Lancet*. 2017; 389: 37–55. DOI: 10.1016/S0140-6736(16)31919-5.
3. Kearney PM. et al. Global burden of hypertension: analysis of worldwide data. *Lancet*. 2005; 365: 217–23. DOI: 10.1016/S0140-6736(05)17741-1.
4. Douglas L. Mann et al. *Braunwald's heart disease: a textbook of cardiovascular medicine*. 10th edition. 2015.
5. Измеров И.Ф. ред. *Профессиональная патология: национальное руководство*. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011.
6. Бабанов С.А., Бараева Р.А., Будах Д.С. Поражения сердечно-сосудистой системы в практике профпатолога. *Медицинский альманах*. 2016; 4: 106–11.
7. Бабанов С.А. Профессиональные поражения сердечно-сосудистой системы. *РМЖ*. 2015; 15: 900–6.

8. Kempen E.V., Casas M., Pershagen G., Foraster M. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Cardiovascular and Metabolic Effects: A Summary. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2018; 15(2): 379. DOI: 10.3390/ijerph15020379.
9. Аронов, Д.М., Лупанов В.П. Атеросклероз и коронарная болезнь сердца. М., 2009.
10. Бойцов С.А. и др. Кардиоваскулярная профилактика 2017. Российские национальные рекомендации. *Российский кардиологический журнал*. 2018; 23 (6): 7–122. DOI: 10.15829/1560-4071-2018-6-7-122.
11. Бубнова М.Г. и др. Физические нагрузки и атеросклероз: динамические физические нагрузки высокой интенсивности, как фактор, индуцирующий экзогенную дислипидемию. *Кардиология*. 2003; 3: 43–9.
12. Schnall P.L., Landsbergis P.A., Backer D. Job strain and cardiovascular disease. *Ann. Rev. Public. Health*. 1994; 15: 381–411. DOI: 10.1037/e335672004-001.
13. Bortkiewicz A et al. Physiological reaction to work in cold microclimate. *Int J Occup Med Environ Health*. 2006; 19(2): 123–31. DOI: 10.2478/v10001-006-0020-y.
14. Kim J.Y. et al. The Relationship between Cold Exposure and Hypertension. *Journal of Occupational Health*. 2003; 45: 300–6. DOI: 10.1539/joh.45.300.
15. Chen Q. et al. Association between Ambient Temperature and Blood Pressure and Blood Pressure Regulators: 1831 Hypertensive Patients Followed Up for Three Years. *PLoS One*. 2013; 8(12): e84522. DOI: 10.1371/journal.pone.0084522.eCollection2013.
16. Cohen AJ et al. Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. *Lancet*. 2017; 389: 1907–18. DOI: 10.1016/S0140-6736(17)30505-6.
17. Vidale S., Campana C. Ambient air pollution and cardiovascular diseases: from bench to bedside. *European Journal of preventive cardiology*. 2018; 25: 818–25. DOI: 10.1177/2047487318766638.
18. Brook R.D. et al. Air Pollution and Cardiovascular Disease: A Statement for Healthcare Professionals From the Expert Panel on Population and Prevention Science of the American Heart Association. *Circulation*. 2004; 109: 2655–71. DOI: 10.1161/01.CIR.0000128587.30041.C8.
19. Bhatnagar A. Environmental cardiology: studying mechanistic links between pollution and heart disease. *Circulation research*. 2006; 99: 692–705. DOI: 10.1161/01.res.0000243586.99701.cf.
20. Brook R.D. et al. Extreme Air Pollution Conditions Adversely Affect Blood Pressure and Insulin Resistance: The Air Pollution and Cardiometabolic Disease Study. *Hypertension*. 2016; 67(1): 77–85. DOI: 10.1161/ HYPERTENSIONAHA.115.06237.
3. Kearney P.M. et al. Global burden of hypertension: analysis of worldwide data. *Lancet*. 2005; 365: 217–23. DOI: 10.1016/S0140-6736(05)17741-1.
4. Douglas L. Mannet et al. *Braunwald's heart disease: a textbook of cardiovascular medicine*. 10th edition. 2015.
5. Izmerov I.F. red. *Professional Pathology: National Leadership*. Moscow: GEOTAR-Media, 2011 (in Russian).
6. Babanov S.A., Baraeva R.A., Budash D.S. Lesions of the cardiovascular system in the practice of the professional pathologist. *Medicinskij al'manah*. 2016; 4: 106–111. (in Russian).
7. Babanov S.A. Professional lesions of the cardiovascular system. *Rossiiskij medicinskij zhurnal*. 2015; 15: 900–6 (in Russian).
8. Kempen E.V., Casas M., Pershagen G., Foraster M. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Cardiovascular and Metabolic Effects: A Summary. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2018; 15(2): 379. DOI: 10.3390/ijerph15020379.
9. Aronov, D.M., Lupanov V.P. *Atherosclerosis and coronary heart disease*. Moscow, 2009. (in Russian).
10. Bojcov S.A. et al. Cardiovascular Prophylaxis 2017. Russian national recommendations. *Rossiiskij kardiologicheskij zhurnal*. 2018; 23 (6): 7–122. DOI: 10.15829/1560-4071-2018-6-7-122 (in Russian).
11. Bubnova M.G. et al. Physical Exercise and Atherosclerosis: Dynamic High Intensity Exercise as a Factor Inducing Exogenous Dyslipidemia. *Kardiologia*. 2003; 3: 43–9. (in Russian).
12. Schnall P.L., Landsbergis P.A., Backer D. Job strain and cardiovascular disease. *Ann. Rev. Public. Health*. 1994; 15: 381–411. DOI: 10.1037/e335672004-001.
13. Bortkiewicz A. et al. Physiological reaction to work in cold microclimate. *Int J Occup Med Environ Health*. 2006; 19(2): 123–31. DOI: 10.2478/v10001-006-0020-y.
14. Kim J.Y. et al. The Relationship between Cold Exposure and Hypertension. *Journal of Occupational Health*. 2003; 45: 300–6. DOI: 10.1539/joh.45.300.
15. Chen Q. et al. Association between Ambient Temperature and Blood Pressure and Blood Pressure Regulators: 1831 Hypertensive Patients Followed Up for Three Years. *PLoS One*. 2013; 8(12): e84522. DOI: 10.1371/journal.pone.0084522.eCollection2013.
16. Cohen AJ et al. Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. *Lancet*. 2017; 389: 1907–18. DOI: 10.1016/S0140-6736(17)30505-6.
17. Vidale S., Campana C. Ambient air pollution and cardiovascular diseases: from bench to bedside. *European Journal of preventive cardiology*. 2018; 25: 818–25. DOI: 10.1177/2047487318766638.
18. Brook R.D. et al. Air Pollution and Cardiovascular Disease: A Statement for Healthcare Professionals From the Expert Panel on Population and Prevention Science of the American Heart Association. *Circulation*. 2004; 109: 2655–71. DOI: 10.1161/01.CIR.0000128587.30041.C8.
19. Bhatnagar A. Environmental cardiology: studying mechanistic links between pollution and heart disease. *Circulation research*. 2006; 99: 692–705. DOI: 10.1161/01.res.0000243586.99701.cf.
20. Brook R.D., et al. Extreme Air Pollution Conditions Adversely Affect Blood Pressure and Insulin Resistance: The Air Pollution and Cardiometabolic Disease Study. *Hypertension*. 2016; 67(1): 77–85. DOI: 10.1161/ HYPERTENSIONAHA.115.06237.

REFERENCE

Дата поступления / Received: 16.08.2019

Дата принятия к печати / Accepted: 28.10.2019

Дата публикации / Published: 28.11.2019

Ивашова Ю.А., Полевая Е.А., Пономарева Т.А.

Ранние признаки поражения верхних конечностей у работающих в условиях воздействия локальной вибрации

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», ул. Монастырская, 82, Пермь, Россия, 614045;

Вибрационная патология, включающая нарушения сосудистой, нервной и костно-мышечной систем, занимает одно из первых мест в структуре нарушений здоровья у работников виброопасных производств.

Цель исследования — выделить информативные диагностические критерии для выявления ранних признаков поражения верхних конечностей.

Группу наблюдения составили 90 работников в возрасте $46,7 \pm 2,5$ года ($p > 0,05$), со стажем $22,4 \pm 3,9$ года; группу сравнения — 60 работников, условия труда которых не были связаны с изучаемым фактором; средний возраст $45,8 \pm 2,4$ года, стаж $24,1 \pm 4,1$ года ($p > 0,05$). Обследование включало анализ условий труда и профмаршрута, клинический осмотр, анкетирование, лабораторные и функциональные исследования, статистическую обработку полученных результатов, расчет эпидемиологических показателей.

Анализ условий труда показал, что у работников группы наблюдения уровень локальной вибрации превышал предельно допустимый уровень на 2–6 дБ. Анкетирование показало, что обращение к врачу является для работников крайней мерой, даже в случае формирования хронической боли. По результатам опроса и осмотра было установлено, что формирование болевого синдрома у работников группы наблюдения происходит на фоне развития сосудистых и нейрососудистых нарушений. Отмечено повышение расчетного возраста артерий верхних конечностей ($5,3 \pm 2,8$ года) у 23,3% работников группы наблюдения. Анализ результатов динамометрии в динамике за три года показал медленно прогрессирующее снижение показателей у 21,1% работников виброопасных профессий при стаже $11,3 \pm 3,4$ года, и только у 3,3% работников группы сравнения при стаже $23,6 \pm 6,3$ года. В целом, отмечается высокий риск снижения мышечной силы, что является прогностически значимым для сохранения профессиональной трудоспособности. Расчет эпидемиологических показателей подтвердил связь вазоспастических реакций с воздействием локальной вибрации ($\chi^2 = 5,85$, $p < 0,001$; $F = 0,177$, $p < 0,05$; $RR = 2,5$, 95% $CI = 1,7-3,7$; $EF = 65\%$). В условиях воздействия локальной вибрации ранние признаки поражения верхних конечностей развиваются при стаже 5 лет и характеризуются сосудистыми изменениями. Клинические синдромы, характерные для вибрационной патологии, формируются при среднем стаже 10 лет. Необходимо совершенствовать комплекс диагностических мероприятий, направленных на выявление ранних признаков повреждения верхних конечностей, с целью улучшения трудового прогноза у работающих в условиях воздействия локальной вибрации.

Ключевые слова: поражение верхних конечностей; диагностика; локальная вибрация

Для цитирования: Ивашова Ю.А., Полевая Е.А., Пономарева Т.А. Ранние признаки поражения верхних конечностей у работающих в условиях воздействия локальной вибрации. *Мед. труда и пром. экол.* 2019; 59 (11). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-11-960-965>

Для корреспонденции: Ивашова Юлия Анатольевна, зав. отделением лучевой диагностики ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения». E-mail: ivashova18@yandex.ru.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Julia A. Ivashova, Elena A. Polevaya, Tatyana A. Ponomareva

Early signs of upper limb lesions in workers exposed to local vibration

Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, 82, Monastyrskaya str., Perm, Russia, 614045;

Vibration pathology, including disorders of the vascular, nervous and musculoskeletal systems, occupies one of the first places in the structure of health disorders in workers of vibration-hazardous industries.

The aim of the study was to identify informative diagnostic criteria for identifying early signs of upper limb lesions.

The observation group consisted of 90 workers aged 46.7 ± 2.5 years ($p > 0.05$), with experience of 22.4 ± 3.9 years; the comparison group—60 workers whose working conditions were not associated with the studied factor; the average age of 45.8 ± 2.4 years, experience of 24.1 ± 4.1 years ($p > 0.05$). The survey included the analysis of working conditions and professional route, clinical examination, questionnaires, laboratory and functional studies, statistical processing of the results, calculation of epidemiological indicators.

The analysis of working conditions showed that the level of local vibration exceeded the maximum permissible level by 2–6 dB for the employees of the observation group. The survey showed that going to the doctor is a last resort for workers, even in the case of chronic pain. According to the results of the survey and examination, it was found that the formation of pain syndrome in employees of the observation group occurs against the background of the development of vascular and neurovascular disorders. There was an increase in the estimated age of the arteries of the upper extremities (5.3 ± 2.8 years) in 23.3% of the observation group. Analysis of dynamometry results in dynamics for three years showed a slowly progressive decline in 21.1% of workers in vibration-hazardous professions with 11.3 ± 3.4 years of experience, and only 3.3% of workers in the comparison group with

23.6±6.3 years of experience. In General, there is a high risk of decreased muscle strength, which is prognostically significant for the preservation of professional ability to work. The calculation of epidemiological indicators confirmed the connection of vasospastic reactions with the impact of local vibration ($\chi^2=5.85$, $p<0.001$; $F=0.177$, $p<0.05$; $RR=2.5$, 95% $CI=1.7-3.7$; $EF=65\%$). Under the influence of local vibration, early signs of upper limb lesions develop with 5 years of experience and are characterized by vascular changes. Clinical syndromes characteristic of vibrational pathology are formed with an average length of service of 10 years. It is necessary to improve the complex of diagnostic measures aimed at identifying early signs of damage to the upper limbs, in order to improve the labor prognosis in workers under the influence of local vibration.

Key words: upper limb lesion; diagnostics; local vibration

For citation: Ivashova J.A., Polevaya E.A., Ponomareva T.A. Early signs of upper limb lesions in workers exposed to local vibration. *Med. truda i prom. ecol.* 2019; 59 (11). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-11-964-969>

For correspondence: Julia A. Ivashova, Head of Department of radiation diagnostics of Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies. E-mail: ivashova18@yandex.ru.

Funding. The study had no funding.

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

Введение. Несмотря на совершенствование технологических процессов, вибрация остается в числе основных вредных факторов производства. Вибрационная патология, включающая разнообразные нарушения сосудистой, нервной и костно-мышечной систем, занимает одно из первых мест в структуре нарушений здоровья у работников [1]. Систематическое воздействие вибраций вызывает ухудшение как общего самочувствия работников, снижение работоспособности, так и развитие профессиональной патологии — вибрационной болезни. Актуальность данной проблемы обусловлена ее медико-социальной значимостью: молодой возраст лиц с установленным профессиональным заболеванием от воздействия вибрации, снижение профессиональной трудоспособности при малом стаже работы, необходимость длительного лечения и реабилитации работников, их профессиональной переподготовки и компенсационных выплат [2,3]. Опыт ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» (ФБУН «ФНЦ МПТУРЗН») показал, что клинические проявления поражения верхних конечностей в условиях воздействия локальной вибрации, превышающей ПДУ формируется у работников при стаже 10 лет. На этапе периодических медицинских осмотров (ПМО) начальные признаки вибрационной патологии не диагностируются или недооцениваются специалистами, так как допуск к профессии определяется наличием заболеваний — медицинскими противопоказаниями, определенными приказом № 302н, приложение 1, п. 3.4.1¹ [4,5].

Цель исследования — выделить информативные диагностические критерии для выявления ранних признаков поражения верхних конечностей в условиях воздействия локальной вибрации.

В центре профпатологии «ФБУН «ФНЦ МПТУРЗН» было проведено целенаправленное обследование работников, длительно подвергающихся воздействию локальной вибрации. Группа наблюдения — 90 работников в возрасте 46,7±2,5 года, со стажем 22,4±3,9 года. Группа сравнения — 60 работников, условия труда которых не связаны с изучаемым фактором; средний возраст 45,8±2,4 года ($p>0,05$), стаж 24,1±4,1 года ($p>0,05$). Группы были сопоставимы по возрасту, стажу, гендерной принадлежности (все мужчины). Основными про-

фессиями работников группы наблюдения являлись машинист горновыемочных машин, полировщик, слесарь КИПиА, плотник, столяр, слесарь-инструментальщик.

Критерии исключения из обследования: возраст старше 60 лет, наличие атеросклероза сосудов, выраженные метаболические нарушения, эндокринная патология, злоупотребление алкоголем, курение более 20 лет (20 сигарет в день).

В ходе исследования были проанализированы результаты специальной оценки условий труда (СОУТ), производственного контроля; медицинская документация (медицинские карты пациента, получающего помощь в амбулаторных условиях — 150 единиц, карты ПМО за период с 2015 по 2018 г. — 450 единиц, истории болезни — 150 единиц).

Клинико-инструментальное обследование включало клинический осмотр невролога, хирурга, профпатолога, анкетирование, лабораторные исследования, динамометрию, оценку жесткости артерий конечностей методом сфигмоманометрии (СФММ) и ультразвуковые исследования (УЗИ), компьютерную электротермию кожи дистальных отделов верхних конечностей, капилляроскопию, определение вибрационной чувствительности, стимуляционную электромиографию (ЭНМГ), рентгенологическую диагностику.

Лабораторное исследование выполнено с использованием автоматических гематологического AcT5diff AL и биохимического «Keylab» анализаторов. Объем исследований включал клинический, биохимический (С-реактивный белок (СРБ), уровень глюкозы, содержание общего холестерина (ОХ), липопротеидов высокой (ЛПВП), низкой (ЛПНП) и очень низкой плотности (ЛПОНП), триглицеридов (ТГ) в сыворотке крови; индекс атерогенности (ИА); мочевая кислота, васкулярный эндотелиальный фактор роста (VEGF), содержание оксида азота, гомоцистеина, показатели антиоксидантной защиты: МДА — малоновый диальдегид плазмы и АОА — антиоксидантная активность плазмы) анализы крови.

Медико-социологическое исследование выполнено методом раздаточного анкетирования с использованием специализированной анкеты, разработанной специалистами ФБУН «ФНЦ МПТУРЗН».

Определение силы мышц кисти и симметричности выполнялась с использованием кистевого динамометра ДК-100 (Россия). Проводилось сравнение полученных данных с результатами предыдущих результатов динамометрии, выполненной на ПМО за трехлетний период.

Оценка вибрационной чувствительности проводилась прибором «Вибротестер» ВТ-2. Пороги вибрационной чувствительности определялись на ладонной поверхности III пальца кисти по общепринятой методике.

УЗИ проводилось с помощью ультразвуковой диагностической медицинской системы VIVID-q (GE Vingmed

¹ Приказ Минздравсоцразвития РФ от 12 апреля 2011 г. № 302н «Об утверждении перечней вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), и порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований) работников, занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда».

Ultrasound AS, Норвегия). Функциональная активность эндотелия сосудов оценивалась после постокклюзионной пробы плечевой артерии (ПА) с использованием линейного датчика с частотой 9 МГц по модифицированной методике Celermajer D.S. с соавторами. УЗИ брахиоцефальных артерий (БЦА) проводилось билатерально на расстоянии 1 см от бифуркации общей сонной артерии по ее задней стенке в трех позициях (передней, средней и задней продольной) линейным датчиком с частотой 7 МГц с определением толщины комплекса интима-медиа (ТКИМ). УЗИ мягкотканых структур кистей осуществлялось линейным датчиком частотой 14 МГц.

Индекс САVI (сердечно-лодыжечный сосудистый индекс) оценивался с помощью диагностической системы Vasera VS-1500 (Fukuda Denshi CO., LTD, Япония) по стандартной методике.

ЭНМГ проводилась по общепринятой методике с использованием электромиографа комплекса «Нейрон-Спектр-4/ВПМ» (ООО «Нейрософт», Россия) при стандартном наложении электродов. В ходе исследования проводилась стимуляция моторных и сенсорных волокон верхних конечностей.

Компьютерная электротермометрия кожи верхних конечностей выполнялась на комплексе «Нейрософт» (Россия) с оценкой температуры кожи на уровне дистальных фаланг пальцев верхних и нижних конечностей.

Для капилляроскопии края ногтевого ложа фаланги четвертого пальца руки использовался «Капилляроскан-01» (ООО «Новые энергетические технологии»). Оценивался диаметр венозного, артериального, переходного отделов, длина и ширина капилляра, плотность капиллярной сети, отношение венозного отдела к артериальному, скорость кровотока в венозном, артериальном, переходном отделах, частота сладжей, длительность стаза, количество открытых капилляров, количество капилляров с одним, двумя и более пересечениями, количество на единицу площади, наличие анастомозов.

Рентгенологическое исследование кистей было проведено на рентгеновском комплексе с цифровой системой получения обработки и хранения цифровых рентгеновских изображений в единой базе данных CR 35-X (Agfa HealthCare N.V., Бельгия) по стандартной методике: снимок в прямой проекции обеих кистей и лучезапястных суставов [6].

Статистико-математический анализ проводился с использованием программы STATISTICA for Windows 7.0, Microsoft Excel 2010 и программного модуля, выполненного в виде макроса MS Excel. Использовались критерий хи-квадрат (χ^2), критерий Фишера (F) и коэффициент корреляции Пирсона (r). Критический уровень значимости принимался равным 0,05 ($p < 0,05$). Был проведен расчет относительного риска (RR) и этиологической доли (EF) с оценкой доверительного интервала. Наличие связи считалось достоверным, если нижняя граница 95% доверительного интервала (95% CI) была больше единицы.

Диагностическое обследование выполнено в соответствии с наблюдением этических норм, изложенных в рассмотренной в 2008 г. версии Хельсинкской декларации. Протокол заседания этического комитета ФБУН «ФНЦ МПТУРЗН» № 15 от 12.02.2015 г. Все обследованные работники подписали информированное согласие на участие в научно-исследовательской работе.

Анализ условий труда показал, что у работников группы наблюдения уровень локальной вибрации превышал предельно допустимый (ПДУ) на 2–6 дБ. В группе сравнения условия труда по фактору «физические перегрузки» соответствовали классу «вредный» (класс 3,1), воздействие вибрации отсутствовало.

По данным опроса установлено, что у 57,7% работников группы наблюдения и у 20% группы сравнения отмечались зябкость дистальных отделов кистей ($\chi^2=19,5$, $p < 0,001$; $F=0,0$, $p < 0,05$; $RR=2,9$, 95% CI=1,7–4,9; EF=76,9%). у 66,6% работников группы наблюдения и у 28,3 % работников группы сравнения — периодические боли в кистях, скованность в межфаланговых суставах утром, парестезии, судороги, снижение силы в кистях ($\chi^2=19,6$, $p < 0,001$; $F=0,0$, $p < 0,05$; $RR=2,4$, 95% CI=1,5–3,6; EF=80,0%). У работников со стажем 10 лет и более преобладающими были жалобы на зябкость кистей, «побеление» пальцев на морозе (у 41,6% работников группы наблюдения, у 11,1% группы сравнения, $\chi^2=0,04$, $p > 0,05$; $F=0,6$, $p > 0,05$; $RR=1,9$, 95% CI=0,2–12,6; EF=80,0%) и судороги пальцев кистей (у 58,3% работников группы наблюдения, у 22,2% работников группы сравнения, $\chi^2=0,2$, $p > 0,05$; $F=1,0$, $p > 0,05$; $RR=1,3$, 95% CI=0,4–4,4; EF=71,4%). У работников группы сравнения, независимо от стажа, основными жалобами были боль и ограничение движения в шейном отделе позвоночника (в 13,3% случаев в группе наблюдения, в 61,6% случаев в группе сравнения, $\chi^2=36,0$, $p < 0,001$; $F=0,0$, $p < 0,05$; $RR=0,2$, 95% CI=0,1–0,3). Анализ результатов анкетирования показал, что субъективные жалобы у работников со стажем 10 лет и более не имели межгрупповых различий, однако следует отметить, что в условиях воздействия локальной вибрации основные жалобы связаны с поражением верхних конечностей, при физической перегрузке — позвоночника. Признаки астено-невротического синдрома (общая слабость, быстрая утомляемость, снижение работоспособности, повышенная раздражительность и нарушение сна) были выявлены практически у всех обследованных работников группы наблюдения; у каждого третьего отмечались церебральные жалобы (головные боли диффузного характера, головокружение), что нередко является следствием воздействия вибрации на вегетативную нервную систему (ВНС) [7]. Развивающаяся гиперреактивность симпатического отдела ВНС способствует нарушению регуляции сосудистого тонуса в дистальных отделах и проявляется снижением температуры кожи кончиков пальцев [8]. Субклинические нарушения поражения верхних конечностей выявлены у 21,1% работников в группе наблюдения, 11,6% — в группе сравнения, $\chi^2=1,6$, $p > 0,05$; $F=0,2$, $p > 0,05$; $RR=2,4$, 95% CI=1,2–5,3; EF=81,5%) при собственной оценке «здоров». Несмотря на улучшение условий труда, снижение уровней вибрации при внедрении в производственный процесс современных технологий, отмечается снижение числа практически здоровых работников [3].

Анализ распространенности поведенческих факторов риска не выявил межгрупповых различий. Анкетирование показало, что обращение к врачу является для работников крайней мерой, даже в случае развития болевого синдрома.

Анализ заболеваемости работников в исследуемых группах показал, что основными клиническими симптомами группы наблюдения были: периферический ангиодистонический синдром (ПАДС), в том числе синдром Рейно (у 66,6% работников группы наблюдения, 35,0% группы сравнения, $\chi^2=13,3$, $p < 0,001$; $F=0,0$, $p < 0,05$; $RR=1,9$, 95% CI=1,9–2,8; EF=65%) и полинейропатия верхних конечностей (57,7% — в группе наблюдения, 18,3% — в группе сравнения, $\chi^2=21,4$, $p < 0,001$; $F=0,0$, $p < 0,05$; $RR=3,1$, 95% CI=1,7–5,5; EF=78,8%). Анализ результатов опроса и осмотра показал, что формирование болевого синдрома у работников группы наблюдения происходит на фоне формирования нейрососудистых нарушений [9]. Расчет эпидемиологических показателей подтвердил связь вазоспастических реакций с воздействием локальной вибрации ($\chi^2=5,85$, $p < 0,001$; $F=0,12$, $p < 0,05$; $RR=2,5$, 95% CI=1,7–3,7; EF=65%).

Изменение окраски кожи кистей, гипотермия наблюдались у 67,7% работников группы наблюдения, у 18,3% — группы сравнения ($\chi^2=33,3$, $p<0,001$, $F=0,0$, $p<0,05$; $RR=3,6$, $95\% CI=2,1-6,4$; $EF=81,9\%$). Проведение функциональных проб показало наличие положительного симптома Паля у 21,1% работников группы наблюдения, у 6,6% работников группы сравнения ($\chi^2=4,7$, $p<0,05$; $F=0,01$, $p<0,05$; $RR=3,2$, $95\% CI=1,1-8,8$; $EF=78,9\%$). Результаты тест-опросника и клинического осмотра представлены в табл. 1.

При лабораторном изучении достоверных межгрупповых различий результатов клинического анализа крови у работников исследуемых групп не наблюдалось. Анализ биохимических показателей выявил у работников группы наблюдения метаболические нарушения, снижение антиоксидантной защиты, эндотелиальную дисфункцию (табл. 2).

Эндотелиальная дисфункция при воздействии локальной вибрации характеризуется повышением уровня оксида азота, гомоцистеина и VEGF [9]. Повышение уровня оксида азота следует рассматривать как компенсаторную реакцию в условиях повышения тонуса сосудов в ответ на воздействие вибрации. Являясь тканевым гормоном, оксид азота (II) вызывает активную вазодилатацию. Окислительный и антиоксидантный дисбаланс потенцирует перекисное окисление липидов и ингибирует регулирующее действие оксида азота на сосуды [10]. Указанные изменения приводят не только к формированию эндотелиальной дисфункции, но и, как следствие, к повышению общего

периферического сопротивления, ремоделированию сосудистого русла (повышению жесткости артерий).

Умеренное снижение мышечной силы кисти отмечено у 20% работников группы наблюдения, у 15% — группы сравнения ($\chi^2=0,62$, $p>0,05$; $F=0,52$, $p>0,05$; $RR=1,3$, $95\% CI=0,6-2,7$; $EF=50,0\%$), значительное снижение мышечной силы при кистевой динамометрии ($D=29,4\pm 4,2$ кг, $S=27,6\pm 4,2$ кг) наблюдалось только в 5,5% случаев у работников в группе наблюдения (возраст $56,3\pm 2,4$ года, стаж $36,1\pm 4,6$ года). Однократное проведение динамометрии не позволило выявить снижение мышечной силы кисти у работников в условиях ПМО. Однако анализ результатов обследования в динамике за три года показал медленно прогрессирующее снижение показателей у 21,1% работников виброопасных профессий при стаже $11,3\pm 3,4$ года, и только у 3,3% работников группы сравнения при стаже $23,6\pm 6,3$ лет ($\chi^2=11,17$; $F=0,0016$, $p<0,05$; $RR=6,3$, $95\% CI=1,5-26,2$; $EF=89,4\%$), что является прогностически значимым для сохранения профессиональной трудоспособности.

Патологическая реакция плечевой артерии после реокклюзии отмечалась у 72,2% работников группы наблюдения (из них у 34,4% работников отмечались только субъективные ощущения боли и онемение рук утром, при сохранении вибрационной, болевой, температурной чувствительности) и у 18,3% группы сравнения ($\chi^2=39,6$, $p<0,001$; $F=0,0$, $p<0,05$; $RR=3,9$, $95\% CI=2,2-6,8$; $EF=83,0\%$). После декомпрессии диаметр плечевой артерии не изменился у 12,2% работни-

Таблица 1 / Table 1

Межгрупповые различия по результатам тест-опросника и клинического осмотра, %
Intergroup differences in the results of the test questionnaire and clinical examination, %

Клиническое проявление	Группа наблюдения	Группа сравнения	p^*
Периодические боли в руках	67	28	$<0,001$
Усиление боли в ночное время	44	13	$<0,01$
Парестезии	67	28	$<0,001$
Приступы акроангиоспазмов	17	3	$<0,05$
Зябкость кистей	58	20	$<0,001$
Отечность кистей	34	7	$<0,001$
Гипергидроз кистей	61	23	$<0,001$
Изменение окраски кожи кистей	32	6	$<0,001$
Снижение мышечной силы кисти	67	28	$<0,001$
Расстройства чувствительности на руках	34	9	$<0,001$

Примечание к табл. 1–2: p^* — достоверность различий между группой наблюдения и группой сравнения

Note for tabls 1–2: p^* — the validity of the differences between the observation group and the comparison group

Таблица 2 / Table 2

Сравнительный анализ результатов биохимического исследования у работников группы наблюдения и группы сравнения
Comparative analysis of the results of biochemical research in employees of the observation group and the comparison group

Показатель	Группа наблюдения	Группа сравнения	p^*
Глюкоза, ммоль/дм ³	$6,4\pm 0,2$	$5,3\pm 0,2$	$<0,05$
Общий холестерин, ммоль/дм ³	$6,7\pm 1,1$	$4,6\pm 1,5$	$<0,05$
Липопротеины низкой плотности, ммоль/дм ³	$5,5\pm 1,7$	$3,6\pm 1,1$	$<0,05$
Мочевая кислота, мкмоль/дм ³	$468,8\pm 31,2$	$208,6\pm 29,4$	$<0,05$
Малоновый диальдегид плазмы, мкмоль/дм ³	$2,9\pm 0,2$	$2,3\pm 0,1$	$<0,05$
Антиоксидантная активность плазмы, %	$29,9\pm 1,4$	$34,3\pm 1,3$	$<0,05$
СРБ высокочувствительный, мг/дм ³	$5,8\pm 0,3$	$3,1\pm 0,2$	$<0,05$
Васкулярный эндотелиальный фактор роста пг/см ³	$352,3\pm 111,9$	$107,3\pm 47,6$	$<0,05$
Оксид азота, мкмоль/см ³	$148,9\pm 8,9$	$57,3\pm 6,5$	$<0,05$
Гомоцистеин, мкмоль/дм ³	$17,9\pm 4,7$	$9,9\pm 4,3$	$<0,05$

ков группы наблюдения, при отсутствии подобной реакции у работников в группе сравнения, что свидетельствует о выраженном нарушении функциональной активности эндотелия в условиях воздействия локальной вибрации. Среднее значение прироста диаметра плечевой артерии у работников группы наблюдения соответствовало $5,2 \pm 1,3\%$, в группе сравнения — $11,5 \pm 1,1\%$ ($p < 0,001$); коэффициент чувствительности плечевой артерии в группе наблюдения был значительно ниже, чем в группе сравнения ($0,05 \pm 0,009$ усл. ед. и $0,27 \pm 0,058$ усл. ед., $p < 0,001$). Полученные данные подтверждают наличие нарушения функциональной активности эндотелия сосудов у работающих в условиях воздействия локальной вибрации еще в доклинической стадии.

УЗИ БЦА на экстракраниальном уровне выявило достоверные межгрупповые различия по ТКМ ($1,2 \pm 0,02$ мм — в группе наблюдения, $0,79 \pm 0,05$ мм — в группе сравнения, $p < 0,05$). В процессе исследования было установлено увеличение ТКМ у работников в группе наблюдения с увеличением стажа, что соответствовало изменениям показателей липидного обмена.

Гиперхолестеринемия и дислипидемия, эндотелиальная дисфункция, увеличение ТКМ являются ранними маркерами нарушения периферической и центральной гемодинамики у работающих в условиях воздействия локальной вибрации [11]. Средний стаж работников с выявленными отклонениями лабораторных и функциональных показателей составил $8,2 \pm 3,2$ года.

Определение вибрационной чувствительности показало, что ее нарушение выявлялось в 100% случаев в группе наблюдения на всех частотах (8; 16; 32; 63; 125; 250; 500 Гц); и только в 20% случаев в группе сравнения ($\chi^2 = 746$, $p < 0,001$; $F = 0,0$, $p < 0,05$; $RR = 2,9$, 95% $CI = 2,0-4,2$; $EF = 80,2\%$). Повышение порога чувствительности прослеживалось у 63,3% работников группы наблюдения, у 40% — группы сравнения; у остальных работников наблюдалось снижение.

УЗИ кистей выявило неровные контуры суставных поверхностей лучезапястного сустава (ЛЗС) у 20% работников группы наблюдения, у 11,6% группы сравнения и оссификаты на суставных поверхностях ЛЗС у 7,7% работников группы наблюдения, у 11,6% — группы сравнения; повышение эхогенности костной фаланги, вследствие теносиновита наблюдалось в 18,8% случаев группы наблюдения, в 15% случаев группы сравнения. Изменения костной структуры не имело выраженных отличий ($\chi^2 = 0,38$, $p > 0,05$; $F = 0,57$, $p > 0,05$; $RR = 1,2$, 95% $CI = 0,6-2,6$; $EF = 47,0\%$). Исследования связочно-сухожильного аппарата кисти выявило изменения структуры и повышение эхогенности сухожилия длинной отводящей мышцы большого пальца и сухожилия разгибателя большого пальца в 35,5% случаев в группе наблюдения, в 18,3% случаев в группе сравнения ($\chi^2 = 5,4$, $F = 0,02$, $p < 0,05$; $RR = 1,9$, 95% $CI = 1,0-3,5$; $EF = 68,7\%$). Результаты лучевой диагностики показали наличие деформирующего остеоартроза I стадии у 24,4% работников группы наблюдения, у 18,3% группы сравнения ($\chi^2 = 0,7$, $p > 0,05$; $F = 0,42$, $p > 0,05$; $RR = 1,3$, 95% $CI = 0,6-2,5$; $EF = 50,0\%$), деформирующего остеоартроза II стадии у 31,1% группы наблюдения, у 20% группы сравнения ($\chi^2 = 2,3$, $p > 0,05$; $F = 0,18$, $p > 0,05$; $RR = 1,5$, 95% $CI = 0,8-2,8$; $EF = 57,1\%$). Средний стаж работников — $13,7 \pm 2,9$ года.

Снижение мышечной силы кисти в динамике и изменения структуры сухожилий следует рассматривать как ранние признаки поражения верхних конечностей при воздействии локальной вибрации, еще до развития суставной патологии.

Особый интерес представляют показатели эластических свойств сосудов верхних конечностей. Прогностическая ценность данного показателя заключается в возможности установления индивидуального прогноза, поскольку показатель имеет индивидуальную чувствительность. Повышение расчетного возраста артерий верхних конечностей ($5,3 \pm 2,8$ года) было отмечено у 23,3% работников группы наблюдения и только у 6,6% группы сравнения ($\chi^2 = 6,1$, $p < 0,05$; $F = 0,0$, $p < 0,05$; $RR = 3,5$, 95% $CI = 1,2-9,6$; $EF = 80,9\%$). Оценка состояния сосудистой стенки позволила выявить ранние нарушения эластичности сосудов на доклинической стадии, что является значимым при оценке трудоспособности и разработке профилактических мероприятий у работников виброопасных производств в условиях увеличения пенсионного возраста [2].

При оценке результатов ЭНМГ по показателю «резидуальная латентность срединного нерва справа» (*n. medianus m. Abductor pollicis brevis*) у 34,4% работников группы наблюдения и 15,0% группы сравнения отмечается его повышение ($p = 0,02$); у 30,0% работников группы наблюдения и 5,0% группы сравнения отмечается снижение скорости распространения возбуждения по срединному нерву на отрезке запястье — локтевой сгиб справа ($p < 0,001$); у 32,2% работников группы наблюдения и только у 5,0% группы сравнения на отрезке локтевой сгиб — нижняя треть плеча ($p < 0,001$). При оценке показателя резидуальной латентности локтевого нерва справа (*n. ulnaris m. Abductor digiti minimi*) установлено, что резидуальная латентность увеличена в 33,3% случаев в группе наблюдения и в 6,6% случаев в группе сравнения ($p < 0,001$). При анализе результатов измерения показателя скорости распространения возбуждения по локтевому нерву справа на отрезке запястье — локтевой сгиб установлено снижение скорости в 34,4% случаев в группе наблюдения и в 6,6% случаев в группе сравнения ($p < 0,001$).

По результатам ЭНМГ в 87,1% случаев наблюдались умеренно выраженное снижение скорости проведения нервного импульса и амплитуды мышечного ответа по моторным и сенсорным волокнам ($46,2 \pm 9,7\%$) при стаже работы в условиях воздействия локальной вибрации $11,6 \pm 2,1$ года.

При оценке зависимости электронейромиографических изменений от стажа работы при воздействии локальной вибрации отмечается прямая средняя связь с показателями резидуальной латентности срединного нерва ($r = 0,6$), скорости распространения возбуждения по локтевому нерву справа на отрезке запястье — локтевой сгиб ($r = 0,5$) и скорости распространения возбуждения по локтевому нерву на отрезке локтевой сгиб — нижняя треть плеча справа ($r = 0,5$).

Результаты компьютерной электротермометрии кожи верхних конечностей показали снижение местной температуры у работников группы наблюдения (t° кожи дистальных фаланг кисти у работников группы наблюдения $30,3 \pm 2,4^\circ$, у работников группы сравнения $33,4 \pm 1,3$, $p < 0,05$).

Капилляроскопия края ногтевого ложа выявила преимущественно сосудистые нарушения у 50% случаев у работников группы наблюдения и у 23,8% группы сравнения ($\chi^2 = 2,6$, $p > 0,05$; $F = 0,08$, $p > 0,05$; $RR = 2,1$, 95% $CI = 0,9-4,8$; $EF = 68,7\%$). Доля внесосудистых и интрасосудистых нарушений в группе наблюдения составила 17% и 33%, в группе сравнения — 53% и 23% соответственно. Внесосудистые изменения проявлялись «мутным» капилляроскопическим фоном, интрасосудистые изменения — замедлением и прерывистостью капиллярного кровотока. Расстройства микроциркуляции имели, как правило, 1-ю и 2-ю степень (преходящие) — скорость выше 250 мкм/с, сладж феномен

отсутствует или не более 3 агрегатов за 10 сек., стазов нет; периваскулярная зона не более 110 мкм.

Выводы:

1. В условиях воздействия локальной вибрации ранние признаки поражения верхних конечностей развиваются при стаже 5 лет и характеризуются сосудистыми поражениями (нарушение эластичности и функциональной активности эндотелия);

2. Клинические синдромы, характерные для вибрационной патологии, формируются при среднем стаже 10 лет;

3. Гиперхолестеринемия и дислипидемия, эндотелиальная дисфункция, увеличение ТКМ являются ранними маркерами нарушения периферической и центральной гемодинамики у работающих в условиях воздействия локальной вибрации; снижение мышечной силы кисти в динамике и изменения структуры сухожилий следует также рассматривать как ранние признаки поражения верхних конечностей при воздействии локальной вибрации, еще до развития суставной патологии;

4. Необходимо совершенствовать комплекс диагностических мероприятий, направленных на выявление ранних признаков поражения верхних конечностей, с целью улучшения трудового прогноза у работающих в условиях воздействия локальной вибрации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сюрин С.А., Шилов В.В. Особенности вибрационной болезни горняков при современных технологиях добычи рудного сырья в Кольском Заполярье. *Здравоохранение Российской Федерации*. 2016; 60(6): 312–316. DOI: 10.18821/0044-197X-2016-60-6-312-316.
2. Бабанов С.А. и др. Вибрационная болезнь. Оптимизация диагностических и лечебных мероприятий. М.: Инфра-М: 2016.
3. Сюрин С.А., Шилов В.В. Особенности нарушений здоровья горняков северных медно-никелевых рудников. *Гигиена и санитария*. 2016; 95 (5): 455–459. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-5-455-459.
4. Бабанов, С.А. Татаровская Н.А. Вибрационная болезнь: современное понимание и дифференциальный диагноз. *Русский медицинский журнал*. 2013; 35:54–65.
5. Бабанов С.А. и др. Эволюция представлений о вибрационной болезни и современные подходы к ее диагностике и терапии. *Санитарный врач*. 2017; 5–6: 41–53.
6. Илясова Е.Б. Лучевая диагностика: учебное пособие: 2009.
7. Дробышев В.А. и др. Состояние вегетативной регуляции у рабочих виброопасных профессий на этапе внедрения в производство высокотехнологичных пневмоинструментов. *Мед. труда и пром. экол.* 2016; 2: 38–41.
8. Шавловская О.А. Нарушение функции нейромоторного аппарата верхних конечностей, вызванное локальной вибрацией. *Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика*. 2015;7(2): 67–74. DOI: 10.14412/2074-2711-2015-2-67-74.
9. Сучков И.А. Коррекция эндотелиальной дисфункции: современное состояние проблемы (обзор литературы). *Российский*

медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова. 2012; 20 (4): 151–7. DOI: 10.17816/PAVLOVJ20124151-157.

10. Непершина О.П. и др. Современный подход к оценке сенсорных нарушений при полинейропатии вибрационного генеза. *Мед. труда и пром. экол.* 2016; 6: 37–42.

11. Скрипаль Б.А. и др. Состояние центральной и регионарной гемодинамики у работающих при вибрационно-шумовом воздействии на фоне охлаждающего микроклимата подземных рудников арктической зоны России. *Сан. врач*. 2019; 2:32–37.

REFERENCES

1. Syurin S.A., Shilov V.V. The characteristics of vibration disease of miners in conditions of modern technologies of mining ore raw materials in the kola high north. *Zdravooohranenie Rossijskoj Federacii*. 2016; 60(6): 312–16. DOI: 10.18821/0044-197X-2016-60-6-312-316 (in Russian).
2. Babanov S.A. et al. Vibration disease. Optimization of diagnostic and therapeutic measures. M.: Infra-M: 2016. (in Russian).
3. Siurin S.A. et al. Features of health disorders in miners employed at northern copper-nickel mines. *Gigiena i sanitarija*. 2016; 95 (5): 455–59. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-5-455-459 (in Russian).
4. Babanov, S.A. Tatarovskaya N.A. Vibration disease: modern understanding and differential diagnosis. *Russkij medicinskij zhurnal*. 2013; 35: 54–65 (in Russian).
5. Babanov S.A. Evolution of concepts about vibration disease and modern approaches to its diagnostics and therapy. *Sanitarnyj vrach*. 2017; 5–6: 41–53.
6. Ilyasova E. B. Radiological diagnosis: study guide: 2009
7. Drobyshev V.A. et al. State of vegetative regulation in workers exposed to vibration at work during industrial implementation of hi-tech pneumoinstruments. *Med. truda i prom. ekol.* 2016; 2: 38–41. (in Russian).
8. Shavlovskaya O.A. Upper extremity neuromotor dysfunction caused by local vibration. *Nevrologija, nejropsihiatrija, psichosomatika*. 2015;7(2): 67–74. DOI: 10.14412/2074-2711-2015-2-67-74. (In Russian).
9. Suchkov I.A. Correction of endothelial dysfunction: current status of the problem (literature review). *Rossiyskiy mediko-biologicheskij vestnik imeni akademika I.P. Pavlova*. 2012; 20 (4): 151–57. DOI: 10.17816/PAVLOVJ20124151–157 (in Russian).
10. Nepershina O.P. et al. Contemporary approach to evaluation of sensory disorders in polyneuropathy due to vibration. *Med. truda i prom. ekol.* 2016; 6: 37–42. (in Russian).
11. Skripal B.A. et al. State of central and peripheral hemodynamics in workers with vibration and noise exposure on the background of the cooling microclimate of underground mines in the Arctic zone of Russia. *Sanitarnyj vrach*. 2019; 2:32–37. (in Russian).

Дата поступления / Received: 16.08.2019

Дата принятия к печати / Accepted: 03.11.2019

Дата публикации / Published: 28.11.2019

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

DOI: <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-11-966-969>

УДК 613.6:502.3:616.097

© Коллектив авторов, 2019

Старкова К.Г., Долгих О.В., Кривцов А.В., Казакова О.А., Мазунина А.А.

Особенности генетического полиморфизма генов eNOS и HTR2A у работников предприятия по подземной добыче руд с заболеваниями сердечно-сосудистой системы

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», ул. Монастырская, 82, Пермь, Россия, 614045

Выявление маркерных показателей генетической variability, определяющих формирование профессионально обусловленных заболеваний сердечно-сосудистой системы, позволит выделить потенциальные группы риска среди работающих и оптимизировать программы профилактических и диагностических мероприятий.

Цель исследования — анализ особенностей полиморфизма генов eNOS и HTR2A и регуляторных показателей у работающих на предприятии по шахтной добыче рудных ископаемых с заболеваниями сердечно-сосудистой системы.

Обследованы мужчины, работающие на предприятии по шахтной добыче рудных ископаемых, с патологией сердечно-сосудистой системы. Для выявления генотипов применялся метод полимеразной цепной реакции в режиме реального времени и метод аллельной дискриминации. Регуляторные маркеры оксид азота и серотонин определялись методом иммуноферментного анализа.

В группе наблюдения выявлено повышение частотности полиморфных вариантов eNOS G894T генотипа GG в 1,4 раза и аллеля G в 1,2 раза, достоверно ассоциированных с развитием сердечно-сосудистой патологии (OR=3,16; CI 95%=1,14–8,76), а также наличие избыточной частоты минорного аллеля G гена HTR2A (rs7997012) относительно группы сравнения (в 1,8 раза) за счет мутантного гомозиготного генотипа GG (в 2,7 раза) (OR=2,45; CI 95%=1,03–5,87), выступающие факторами риска развития сердечно-сосудистых нарушений в группе горнорабочих. При этом полиморфность вариантов генов eNOS и HTR2A сочеталась с дисбалансом уровня регуляторных маркеров CCC — оксида азота и серотонина.

Генетические вариации генов eNOS G894T и HTR2A (rs7997012) могут быть рекомендованы в качестве маркеров чувствительности в рамках мониторинга и выявления групп риска среди работающих в условиях подземной добычи рудных ископаемых.

Ключевые слова: сердечно-сосудистая система; генетический полиморфизм; ген eNOS; ген HTR2A; оксид азота; серотонин

Для цитирования: Старкова К.Г., Долгих О.В., Кривцов А.В., Казакова О.А., Мазунина А.А. Особенности генетического полиморфизма генов eNOS и HTR2A у работников предприятия по подземной добыче руд с заболеваниями сердечно-сосудистой системы. *Мед. труда и пром. экол.* 2019; 59 (10). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-11-966-969>

Для корреспонденции: Долгих Олег Владимирович, зав. отделом иммунобиологических методов диагностики ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», д-р мед. наук. E-mail: oleg@fcrisk.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Ksenia G. Starkova, Oleg V. Dolgikh, Aleksandr V. Krivtsov, Olga A. Kazakova, Alena A. Mazunina

Features of eNOS and HTR2A genetic polymorphism in the implementation of the production-induced cardiovascular pathology in workers at the underground mining enterprise

Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, 82, Monastyrskaya str., Perm, Russia, 614045

Introduction. Identification of markers of genetic variability that determine the formation of professionally caused diseases of the cardiovascular system will allow to identify potential risk groups among workers and optimize the program of preventive and diagnostic measures.

The aim of the study was to analyze the features of polymorphism of eNOS and HTR2A genes and regulatory indicators in workers at the mine mining enterprise with diseases of the cardiovascular system.

Materials and methods. The men working at the enterprise on mine extraction of ore minerals, with pathology of cardiovascular system are examined. Real-time polymerase chain reaction and allelic discrimination were used to identify genotypes. Regulatory markers nitric oxide and serotonin were determined by enzyme immunoassay.

Results. In the observation group, an increase in the frequency of polymorphic variants of eNOS G894T genotype GG 1.4 times and allele G 1.2 times, significantly associated with the development of cardiovascular disease (OR=3.16; CI 95%=1.14–8.76), as well as the presence of excessive frequency of minor allele G gene HTR2A (rs7997012) relative to the comparison

group (1.8 times) due to mutant homozygous genotype GG (2.7 times) (OR=2.45; CI 95%=1.03–5.87), acting as risk FACTORS for cardiovascular disorders in the group of miners. At the same time, polymorphism of eNOS and HTR2A gene variants was combined with an imbalance in the level of CCC regulatory markers — nitric oxide and serotonin.

Conclusions. Genetic variations of the eNOS g894t and HTR2A (rs7997012) genes can be recommended as sensitivity markers in monitoring and identification of risk groups among workers in underground mining.

Keywords: cardiovascular system; genetic polymorphism; eNOS gene; htr2a gene; nitric oxide; serotonin

For citation: Starkova K.G., Dolgikh O.V., Krivtsov A.V., Kazakova O.A., Mazunina A.A. Features of eNOS and HTR2A genetic polymorphism in the implementation of the production-induced cardiovascular pathology in workers at the underground mining enterprise. *Med. truda i prom. ekol.* 2019; 59 (10). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-11-966-969>

For correspondence: Oleg V. Dolgikh, Head of Department of immunobiological methods of diagnostics of Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies. Dr. of Sci. (Med.). E-mail: oleg@fcrisk.ru

Funding. The study had no funding.

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

Введение. Решение задачи сохранения здоровья трудоспособного населения определяет необходимость проведения научно-исследовательских работ по выявлению маркерных показателей индивидуальной генетической вариативности формирования профессионально обусловленных заболеваний для определения потенциальных групп риска и своевременного проведения профилактико-диагностических мероприятий по минимизации развития патологических тенденций состояния здоровья [1,2].

Заболевания сердечно-сосудистой системы у работающих на подземной добыче рудных ископаемых относятся к производственно обусловленной патологии и связаны с воздействием производственного шума, вибрации, тяжестью трудового процесса, которые оказывают значительное влияние на развитие нейроциркуляторного синдрома, нарушения гемодинамики, микроциркуляции, изменения сосудистого тонуса и сердечной деятельности [3,4].

Цель работы — исследовать особенности генетического полиморфизма генов eNOS и HTR2A и регуляторных показателей у работающих на предприятии по шахтной добыче рудных ископаемых с заболеваниями сердечно-сосудистой системы.

Обследованы 68 человек, мужчины, работающие в условиях подземной добычи хромовых руд, средний возраст $43,76 \pm 1,60$ года, с патологией сердечно-сосудистой системы, относящейся по МКБ–10 к классу болезней I00–I99, занятые на рабочих местах проходчика, бурильщика шпуров, горнорабочего, дробильщика, машиниста буровой установки, машиниста скреперной лебедки. Группу сравнения составили 42 человека, мужчины, условно здоровые работники предприятия без проявления признаков сердечно-сосудистой патологии, средний возраст $35,69 \pm 1,92$ года. Группы были сопоставимы по возрасту и стажу, рабочие места характеризовались наличием вредных производственных факторов (химический фактор, пыль, шум, вибрация, тяжесть труда, охлаждающий микроклимат) и одинаковыми режимами работы (скользящий трехсменный график с продолжительностью смены восемь часов).

Генетический анализ проводился с использованием биоматериала со слизистой оболочки ротоглотки; выделялось ДНК сорбентным методом путем разрушения клеток. Полиморфизмы эндотелиальной NO-синтазы eNOS G894T (rs1799983) и 5-HT_{2A}-рецептора серотонина HTR2A A/G (rs7997012) генотипировались с использованием наборов «SNP-скрин» («Синтол», Россия). Для определения генотипов применялся метод полимеразной цепной реакции в режиме реального времени на термочиклере CFX96 («Bio-Rad», США) и метод аллельной дискриминации для выявления групп по генотипам. Полученные данные обрабатывались с помощью программы «Ген Эксперт» с расчетом частот генотипов по равновесию Харди-Вайнберга

на основе диагностики однонуклеотидных полиморфизмов (SNP). Достоверность различий в распределении частот генотипов и аллелей изучаемых признаков между группами определялась по критерию χ^2 , использовались аддитивная и мультипликативная модели наследования, данные по частотам генотипов и аллелей анализировались с расчетом отношения шансов (OR, CI 95%). Различия между группами считались достоверными при $p < 0,05$.

Определялись регуляторные маркеры оксид азота и серотонин методом иммуноферментного анализа с использованием коммерческих тест-систем («RnD Systems», США, «DRG», Германия) на анализаторе «Elx808IU» (BioTek, США).

Полученные результаты обрабатывались методом вариационной статистики, использовался пакет статистического анализа Statistica 6.0 (StatSoft, США), рассчитывались среднее арифметическое и его стандартная ошибка ($M \pm m$) и t-критерий Стьюдента для сравнения групп по количественным признакам. Различия между группами считались достоверными при $p < 0,05$.

Выполненные натурные исследования показали воздействие эквивалентных уровней шума на рабочих местах основных профессий в диапазоне 65,3–114,9 дБА, превышение допустимого уровня локальной вибрации (127–135 дБ при ПДУ 126 дБ) и общей вибрации (116–127 дБ при ПДУ 115 дБ), которые в сочетании с пониженной температурой 9 °C и запыленностью воздуха рабочей зоны, высокой физической нагрузкой определили вредные условия труда как 3.3–3.4 согласно Руководству Р 2.2.2006–05¹.

Результаты проведенного генетического анализа показали особенности соотношения частот генотипов и аллелей у работающих с заболеваниями сердечно-сосудистой системы (ЗССС) на предприятии по шахтной добыче (таблица 1), которые проявились достоверным межгрупповым различием по распространенности генотипов и аллелей полиморфизма eNOS G894T с появлением вариантного гомозиготного генотипа ТТ в группе сравнения с частотой 6,3% и повышением встречаемости генотипа GG в группе наблюдения с наличием сердечно-сосудистой патологии в 1,4 раза и аллеля G в 1,2 раза (OR=3,16; CI 95%=1,14–8,76) и выступающего фактором риска развития ЗССС в группе обследованных работающих.

В то же время выявлены достоверные межгрупповые различия по полиморфизму гена HTR2A, связанные с возрастанием распространенности минорного аллеля G в 1,8 раза относительно группы сравнения и определяемые повышением, прежде всего, частоты мутантного гомозигот-

¹ Р 2.2.2006–05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 29 июля 2005 г.)

Таблица 1 / Table 1

Особенности генетического полиморфизма у работающих с сердечно-сосудистой патологией на предприятии по подземной добыче руд**Features of genetic polymorphism at working with cardiovascular pathology at the enterprise on mine production**

Ген	Генотип/ аллель	Группа сравнения, %	Группа наблюдения, %	Достоверность различий	OR (CI 95%)
eNOS (rs1799983)	GG	59,4	82,4	$\chi^2=5,07$ $p=0,02$	3,19(1,03–9,88)
	GT	34,4	17,6		0,41(0,13–1,28)
	TT	6,3	0		0,18(0,01–3,83)
	G	76,6	91,2	$\chi^2=5,26$ $p=0,02$	3,16(1,14–8,76)
	T	23,4	8,8		0,32(0,11–0,88)
HTR2A (rs7997012)	AA	54,5	29,2	$\chi^2=3,69$ $p=0,05$	0,34(0,10–1,16)
	AG	36,4	45,8		1,48(0,45–4,83)
	GG	9,1	25		3,33(0,6–18,66)
	A	72,7	52,1	$\chi^2=4,18$ $p=0,04$	0,41(0,17–0,98)
	G	27,3	47,9		2,45(1,03–5,87)

Таблица 2 / Table 2

Особенности изменения регуляторных показателей у работающих с сердечно-сосудистой патологией на предприятии по подземной добыче руд**Peculiarities of changes in the regulatory parameters in working with cardiovascular disease in the company coal mine mining**

Показатель	Референтный интервал	Группа сравнения	Группа наблюдения	Достоверность различий
Оксид азота, мкмоль/дм ³	70,4–208,6	130,1±37,053	209,6±45,104	$p=0,04$
Серотонин, нг/см ³	40–400	166,28±65,39	137,37±50,38	$p=0,488$

ного генотипа GG в 2,7 раза. При этом вариантный аллель G также выступал значимым фактором в целевой группе обследованных с сердечно-сосудистыми нарушениями (OR=2,45; CI 95%=1,03–5,87).

Исследование регуляторных показателей у работающих группы наблюдения выявило повышение уровня оксида азота ($p<0,05$) и тенденцию угнетения продукции серотонина в основной группе обследованных горнорабочих (табл. 2). Таким образом, условия производственной среды при подземной добыче руды имеют важное значение для проявления фенотипических особенностей, определяемых индивидуальной генетической вариабельностью.

Оксиду азота принадлежит значительная роль в физиологической регуляции, в том числе и сосудистого тонуса, которая реализуется путем вазодилатации и атеропротекторного действия на эндотелиальные клетки, определяя нормальное функционирование сердечно-сосудистой системы и ее адаптации в условиях патологии [5]. Полиморфизм G894T гена эндотелиальной NO-синтазы, фермента, отвечающего за синтез оксида азота эндотелиальными клетками, может быть связан с изменением уровня его продукции и выступать фактором риска развития эндотелиальной дисфункции, причем данные о патологическом варианте аллеля достаточно неоднозначны и указывают на разнонаправленное изменение уровня оксида азота [6,7]. Достоверные изменения в продукции оксида азота, полученные в настоящем исследовании, могут указывать на развитие декомпенсаторных адаптивных изменений, которые проявляются вегетососудистой дистонией по гипертоническому типу как результат вазоспастических эффектов симпатoadrenalной системы и сужения просвета сосудов в результате их ремоделирования [8].

Участие серотонинергической системы в развитии сосудистых нарушений как на уровне генетических полиморфизмов, так и механизмов его реализации также активно обсуждается. Дисбаланс содержания серотонина вызывает значительные колебания сосудистого тонуса, поскольку серотонин способен оказывать констрикторное или релаксирующее действие на гладкомышечные клетки путем активации соответствующих рецепторов 5-HT_{2A} и 5-HT_{2B}. Эндотелиальные клетки способны накапливать серотонин и через 5-HT₁ и 5-HT_{2B} активировать NO-синтазу и высвобождение оксида азота, оказывая вазодилатирующие эффекты, в то время как при нарушении функции эндотелия, напротив, преобладает вазоспастическое действие серотонина [9, 10]. Генетические вариации гена рецептора серотонина HTR2A связывают с функцией белка-транспортера серотонина 5-HTT и эффективность механизма серотонинергической передачи сигнала, поэтому могут ассоциироваться с сосудистыми нарушениями, особенно с учетом изменения уровня серотонина [11].

Заключение. По результатам проведенного обследования работающих на предприятии по подземной добыче рудных ископаемых с заболеваниями сердечно-сосудистой системы выявлены ассоциации полиморфных вариантов генов eNOS и HTR2A, а также вариабельность уровня регуляторных маркеров оксида азота и серотонина, которая проявлялась повышением уровня оксида азота ($p<0,05$) и тенденцией угнетения продукции серотонина.

Генетические вариации генов eNOS G894T и HTR2A (rs7997012) могут рекомендоваться в качестве маркеров чувствительности для задач выявления групп риска формирования сердечно-сосудистой патологии среди работников предприятий по подземной добыче руд.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Долгих О.В., Старкова К.Г., Кривцов А.В., Бубнова О.А. Вариабельность иммунорегуляторных и генетических маркеров в условиях комбинированного воздействия факторов производственной среды. *Гигиена и санитария*. 2016; 95(1): 45–48. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-1-45-48.
2. Измеров Н.Ф., Бухтияров И.В., Прокопенко Л.В., Кузьмина Л.П. Сбережение здоровья работающих и предиктивно-превентивно-персонифицированная медицина. *Мед. труда и пром. экол.* 2013; 6: 7–12.
3. Зайцева Н.В., Устинова О.Ю., Алексеев В.Б., Уланова Т.С., Носов А.Е., Вознесенский Н.К. Особенности производственно обусловленных заболеваний у шахтеров, занятых подземной добычей хромовых руд. *Медицина труда и экология человека*. 2018; 1: 13–23.
4. Устинова О.Ю., Власова Е.М., Носов А.Е., Костарев В.Г., Лебедева Т.М. Оценка риска развития сердечно-сосудистой патологии у шахтеров, занятых подземной добычей хромовой руды. *Анализ риска здоровью*. 2018; (3): 94–103. DOI: 10.21668/health.risk/2018.3.10.
5. Пожилова Е.В., Новиков В.Е. Синтаза оксида азота и эндогенный оксид азота в физиологии и патологии клетки. *Вестник Смоленской государственной медицинской академии*. 2015; 14(4): 35–41.
6. Жадько Д.Д., Зинчук В.В. Полиморфизм гена эндотелиальной синтазы монооксида азота. Часть 1. полиморфный вариант G894T (GLU298ASP, rs1799983). *Журнал Гродненского государственного медицинского университета*. 2017; 1: 5–12.
7. Mahmoodi K., Nasehi L., Karami E., and Soltanpour M.S. Association of nitric oxide levels and endothelial nitric oxide synthase G894T polymorphism with coronary artery disease in the iranian population. *Vasc. Specialist Int.* 2016; 32(3): 105–12. DOI: 10.5758/vsi.2016.32.3.105.
8. Метельская В.А. Оганов Р.Г., Евсиков Е.М., Теплова Н.В. Связь между уровнем оксида азота в сыворотке периферической крови и характером патологии сердечно-сосудистой системы и внутренних органов у больных первичной артериальной гипертензией. *Российский кардиологический журнал*. 2011; 4(90): 23–31.
9. Садыкова Д. И., Нигматуллина Р.Р., Афлятумова Г.Н. Роль серотонинергической системы в развитии заболеваний сердца и сосудов у детей. *Казанский медицинский журнал*. 2015; 96(4): 665–9.
10. Афлятумова Г.Н. Садыкова Д.И., Нигматуллина Р.Р., Шагвалеева З.М., Чибирева М.Д., Сергеева Е.В. и др. Состояние вазомедиаторных систем у подростков с эссенциальной артериальной гипертензией. *Практическая медицина*. 2016; 7(99): 20–24.
11. Laje G., Cannon D.M., Allen A.S., Klaver J.M., Peck S.A., Liu X. et al. Genetic variation in HTR2A influences serotonin transporter binding potential as measured using PET and [¹¹C]DASB. *Int. J. Neuropsychopharmacol.* 2010; 13(6): 715–24. DOI: 10.1017/S1461145709991027.

REFERENCES

1. Dolgikh O.V., Starkova K.G., Kryvtsov A.V., Bubnova O.A. Variability of immunoregulatory and genetic markers in conditions of the combined effects of industrial environmental factors. *Gig. Sanit.* 2016; 95(1): 45–8. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-1-45-48 (in Russian).
2. Izmerov N.F., Boukhtiarov I.V., Prokopenko L.V., Kouzmina L.P. Protecting health of workers and predictive preventive personified medicine. *Med. truda i prom. ekol.* 2013; 6: 7–12. (in Russian).
3. Zaitseva N.V., Ustinova O.Yu., Alexeev V.B., Ulanova T.S., Nosov A.E., Voznesenskiy N.K. Features of work-related diseases in chrome ore miners. *Med. truda i ekologiya cheloveka*. 2018; 1: 13–23. (in Russian).
4. Ustinova O.Yu., Vlasova E.M., Nosov A.E., Kostarev V.G., Lebedeva T.M. Assessment of cardiovascular pathology risk in miners employed at deep chrome mines. *Health Risk Analysis*. 2018; (3): 94–103. DOI: 10.21668/health.risk/2018.3.10 (in Russian).
5. Pozhilova E.V., Novikov V.E. Physiological and pathological value of cellular synthase of nitrogen oxide and endogenous nitrogen oxide. *Vestnik Smolenskoy gosudarstvennoy meditsinskoy akademii*. 2015; 14(4): 35–41 (in Russian).
6. Zhad'ko D.D., Zinchuk V.V. Polymorphism of endothelial synthase gene of nitrogen monoxide. Part 1. The polymorphic variant of G894T (GLU298ASP, rs1799983). *Zhurnal Grodnen'skogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta*. 2017; 1: 5–12 (in Russian).
7. Mahmoodi K., Nasehi L., Karami E., Soltanpour M.S. Association of nitric oxide levels and endothelial nitric oxide synthase G894T polymorphism with coronary artery disease in the iranian population. *Vasc. Specialist Int.* 2016; 32(3): 105–12 DOI: 10.5758/vsi.2016.32.3.105.
8. Metel'skaya V.A., Oganov R.G., Yevsikov Ye.M., Teplova N.V. The relationship between the level of nitric oxide in the serum of peripheral blood and the nature of the pathology of the cardiovascular system and internal organs in patients with primary arterial hypertension. *Rossiyskiy kardiologicheskiy zhurnal*. 2011; 4(90): 23–31 (in Russian).
9. Sadykova D.I., Nigmatullina R.R., Aflyatunova G.N. The role of serotonergic system in cardiovascular diseases development in children. *Kazanskiy meditsinskiy zhurnal*. 2015; 96(4): 665–9. (in Russian)
10. Aflyatunova G.N., Sadykova D.I., Nigmatullina R.R., Shagvaleeva Z.M., Chibireva M.D., Sergeeva E.V. et al. State of vasomediator systems in adolescents with essential hypertension. *Prakticheskaya meditsina*. 2016; 7(99): 20–4 (in Russian).
11. Laje G., Cannon D.M., Allen A.S., Klaver J.M., Peck S.A., Liu X. et al. Genetic variation in HTR2A influences serotonin transporter binding potential as measured using PET and [¹¹C]DASB. *Int. J. Neuropsychopharmacol.* 2010; 13(6): 715–724. DOI: 10.1017/S1461145709991027.

Дата поступления / Received: 16.08.2019

Дата принятия к печати / Accepted: 01.11.2019

Дата публикации / Published: 11.2019