

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» редакция журнала «Медицина труда и промышленная экология»
Тел.: +7 (495) 366-11-10.
E-mail: zumiimtpe@yandex.ru
Зав. редакцией А.В.Серебрянникова

Подписка

Подписной индекс по каталогу «Роспечать»:
71430 — для всех подписчиков
Подписка на электронную версию журнала через:
www.elibrary.ru
www.journal-irioh.ru (сайт журнала)

Подписано в печать 24.3.2020.
Формат издания 60x84 1/8.
Объем 8,75 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)

60 (5), 2020

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. ΦС77-74608,
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»,
Budennogo Ave., Moscow, Russia,
105275, FSBSI IRIOH
Tel. +7 (495) 366-11-10.
E-mail: zurniimtpе@yandex.ru
www.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)

60 (5), 2020

MONTHLY SCIENTIFIC AND PRACTICAL JOURNAL
founded in 1957

EDITORIAL BOARD

Editor-in-chief

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

Deputy Editor-in-chief

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

Executive secretary of journal

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

MEMBERS OF EDITORIAL BOARD

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

NIU Sh. MD, ILO, Geneva, Switzerland

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

PAUNOVIC E. MD, independent expert, Belgrade, Serbia

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

EDITORIAL COUNCIL

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Содержание

Contents

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

Гутич Е.А., Косяченко Г.Е. Уровень профессионального риска для здоровья работников, подвергающихся воздействию аэрозолей, содержащих хризотилловый асбест 284

Долгих О.В., Алексеев В.Б., Дианова Д.Г., Кривцов А.В. Иммунная дисрегуляция у работников предприятия черной металлургии в условиях избыточной контаминации ванадием 294

Бакиров А.Б., Ильина Л.А., Каримова Л.К., Мулдашева Н.А. Экономическая оценка ущерба от внезапной смерти на рабочем месте в ведущих отраслях экономики региона 299

Ларина В.Н., Глибко К.В., Аракелов С.Э., Касаева Д.А. Поведенческие факторы риска, медицинская информированность и приверженность лечению медицинских работников многопрофильной городской клинической больницы 305

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Донцов В.И., Ермакова Н.А., Какорина Е.П., Крутько В.Н., Кузнецов П.П. Оценка процессов старения в индивидуальной динамике показателей здоровья и трудоспособности 311

Бабанов Н.Д., Кубряк О.В. Физиологические методики в изучении «пассивных» промышленных экзоскелетов спины и нижних конечностей 318

ПРАКТИЧЕСКОМУ ЗДРАВООХРАНЕНИЮ

Вишнякова Н.А., Ирихина Е.А., Постникова Л.В. Телеметрическая электрокардиографическая диагностика патологии миокарда у лиц трудоспособного возраста 329

Меденцов В.А., Комлева Н.Е., Данилов А.Н., Колоколов О.В., Лукина Е.В., Чехонацкий А.А. Радикулопатия в структуре профессиональной заболеваемости у машинистов-трактористов сельскохозяйственного производства 335

ДИСКУССИИ

Прокopenko Л.В., Курьеров Н.Н., Лагутина А.В. Перспективы гармонизации отечественных нормативов по вибрации с международными стандартами 329

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Воробьева В.В., Шабанов П.Д. Влияние общей вибрации на функции дыхательной цепи митохондрий почки кроликов в эксперименте 344

ЮБИЛЕИ

Ракитский Валерий Николаевич (к 70-летию со дня рождения) 349

Яцына Ирина Васильевна (к 55-летию со дня рождения) 350

ORIGINAL ARTICLES

Hutsich E.A., Kosiachenko G.E. Level of occupational health risk for workers exposed to aerosols containing chrysotile asbestos 284

Dolgikh O.V., Alekseev V.B., Dianova D.G., Krivtsov A.V. Immune dysregulation in employees of the ferrous metallurgy enterprise under conditions of excessive vanadium contamination 294

Bakirov A.B., Il'ina L.A., Karimova L.K., Muldasheva N.A. Economic assessment of the damage caused by sudden death in the workplace in the leading sectors of the region's economy 299

Larina V.N., Glibko K.V., Arakelov S.E., Kasayeva D.A. Behavioral risk factors, medical awareness and adherence to treatment of medical workers of a multidisciplinary city clinical hospital 305

LITERATURE REVIEW

Dontsov V.I., Ermakova N.A., Kakorina E.P., Krut'ko V.N., Kuznetsov P.P. Assessment of aging processes in individual dynamics of health and work capacity indicators 311

Babanov N.D., Kubryak O.V. Physiological methods in the study of "passive" industrial exoskeletons of the back and lower extremities 318

FOR THE PRACTICAL MEDICINE

Vishnyakova N.A., Irikhina E.A., Postnikova L.V. Telemetric electrocardiographic diagnostics of myocardial pathology in persons of working age 329

Medentsov V.A., Komleva N.E., Danilov A.N., Kolokolov O.V., Lukina E.V., Chehonatcky A.A. Radiculopathy in the structure of occupational morbidity in agricultural tractor drivers 335

DISCUSSIONS

Prokopenko L.V., Courierov N.N., Lagutina A.V. Prospects of harmonization of domestic vibration standards with international standards 329

BRIEF REPORT

Vorob'yova V.V., Shabanov P.D. Influence of general vibration on the functions of the kidney mitochondrial respiratory chain of rabbits in the experiment 344

JUBILEES

Rakitsky Valery Nikolaevich (to the 70th birthday) 349

Yatsyna Irina Vasilievna (to the 55th birthday) 350

DOI: <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-5-284-293>

УДК [613.633:622.367.6]+616-003.667.6

© Гутич Е.А., Косяченко Г.Е., 2020

Гутич Е.А., Косяченко Г.Е.

Уровень профессионального риска для здоровья работников, подвергающихся воздействию аэрозолей, содержащих хризотилловый асбест

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», ул. Академическая, 8, Минск, Республика Беларусь, 220012

Введение. Наличие асбестосодержащих аэрозолей на рабочем месте является одним из главных профессиональных канцерогенных рисков в мире. Ввиду отсутствия в Республике Беларусь (РБ) зарегистрированных случаев профессиональных заболеваний, связанных с воздействием пыли асбеста, актуальным является изучение заболеваемости с временной утратой трудоспособности (ЗВУТ) и проведение оценки профессиональных рисков здоровью с использованием этих данных.

Цель исследования — определение особенностей динамики и структуры ЗВУТ и оценка уровня профессионального риска здоровью работников, подвергающихся воздействию аэрозолей, содержащих хризотилловый асбест, при производстве строительных материалов.

Материалы и методы. Исследования проведены на базе цеха по производству асбестоцементных изделий на основе хризотила. Углубленный анализ ЗВУТ проведен за четырехлетний период. Влияние полового, возрастного и стажевого состава групп на уровни ЗВУТ оценено с использованием стандартизованных показателей. Оценка производственной обусловленности заболеваемости проведена при сравнительном анализе с группой контроля (цех производства блоков из ячеистого бетона и композиционных материалов), республиканскими показателями и показателями отрасли производства строительных материалов. Оценка риска проведена с использованием индекса профессионального риска, рассчитанного на основе показателя относительного риска и суммарного коэффициента условий труда.

Результаты. Динамика общих интенсивных показателей ЗВУТ в исследуемой группе демонстрирует тенденцию к снижению за счет уменьшения трудопотерь по классу «Болезни органов дыхания», однако при этом возрастает длительность 1 случая. Общие среднемноголетние показатели уровня временной нетрудоспособности достоверно выше в группе контроля. Однако показатели заболеваемости по классу эндокринных заболеваний, болезней системы кровообращения и болезней органов пищеварения достоверно выше в исследуемой группе. Среднемноголетние показатели заболеваемости исследуемой группы не имеют статистически значимых различий с республиканскими и отраслевыми показателями. Стандартизация общих показателей заболеваемости по полу, возрасту и стажу не изменяет их соотношения, но показатели заболеваемости имеют отличия в различных возрастных, стажевых и гендерных группах. Индекс профессионального риска у работников цеха асбестоцементных изделий оценивается как средний, а уровень потерь профессионального здоровья работников составляет 33,7% (существенный, 3 класс) в исследуемой группе и 45,7% (высокий, 4 класс) в группе контроля.

Выводы. ЗВУТ работников, подвергающихся воздействию пыли хризотилового асбеста, не имеет существенных отличий от республиканских и отраслевых уровней, а в сравнении с контрольной группой демонстрирует более низкие показатели; уровень профессионального риска здоровью работников, подвергающихся воздействию хризотилового асбеста, является существенным; наибольшие показатели заболеваемости регистрируются у молодых и наименее стажированных работников цеха асбестоцементных изделий, а по гендерному признаку — у мужчин, что должно учитываться при планировании профилактических мероприятий.

Ключевые слова: асбест; хризотил; минеральные волокна; промышленные аэрозоли; условия труда; заболеваемость; профессиональный риск; профессионально обусловленные заболевания; динамика заболеваемости

Для цитирования: Гутич Е.А., Косяченко Г.Е. Уровень профессионального риска для здоровья работников, подвергающихся воздействию аэрозолей, содержащих хризотилловый асбест. *Мед. труда и пром. экол.* 2020; 60 (5). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-5-284-293>

Для корреспонденции: Гутич Екатерина Андреевна, зав. научно-организационным отделом, мл. науч. сотр. лаб. гигиены труда республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены». E-mail: ekhutsich@gmail.com.

Финансирование. Исследование выполнено в рамках отраслевой научно-технической программы «Здоровье и окружающая среда», финансируемой Министерством здравоохранения (РБ) и республиканским унитарным предприятием «Научно-практический центр гигиены».

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Дата поступления: 30.03.2020 / Дата принятия к печати: 16.04.2020 / Дата публикации: 18.05.2020

Katsiaryna A. Hutsich, Grigoriy E. Kosiachenko

Level of occupational health risk for workers exposed to aerosols containing chrysotile asbestos

Republican Unitary Enterprise “Scientific practical center of hygiene”, 8 Akademicheskaya Str., Minsk, Republic of Belarus, 220012

Introduction. The presence of asbestos-containing aerosols in the workplace is one of the main occupational carcinogenic risks in the world. In view of the absence of registered cases of occupational diseases related to exposure to asbestos dust in the Republic of Belarus, it is relevant to study morbidity with temporary disability and to assess occupational health risks using these data.

The aim of the study is to determine the characteristics of the dynamics and structure of the morbidity with temporary disability and the assessment of occupational health risks for workers exposed to aerosols containing chrysotile in the building materials manufacturing.

Materials and methods. The studies were carried out on the basis of a workshop for the production of asbestos-cement products based on chrysotile. An in-depth analysis of the morbidity with temporary disability was conducted over a four-year period. The influence of the gender, age, and experience composition of groups on the levels of the morbidity with temporary disability was evaluated using standardized indicators. The assessment of the production conditionality of morbidity was carried out in a comparative analysis with the control group (workshop for the production of blocks made of cellular concrete and composite materials), national indicators and indicators of the construction materials industry. The risk assessment was carried out using the occupational risk index calculated based on the relative risk index and the total coefficient of working conditions.

Results. The dynamics of the overall intensive indicators of morbidity with temporary disability in the study group shows a tendency to decrease due to a decrease in labor losses in the class of “Respiratory Diseases”, however, the duration of 1 case increases. The overall average long-term indicators of temporary disability are significantly higher in the control group. However, the incidence rates for the class of endocrine diseases, diseases of the circulatory system and diseases of the digestive system are significantly higher in the study group. The average long-term morbidity rates of the study group do not have statistically significant differences with national and industry indicators. Standardization of general indicators of morbidity by gender, age and experience does not change their ratio, but the incidence rates differ in different age, experience and gender groups. The occupational risk index for employees of the asbestos cement products workshop is estimated as average, and the level of occupational health losses of employees is 33.7% (significant, class 3) in the study group and 45.7% (high, class 4) in the control group.

Conclusions. *Morbidity with temporary disability of workers exposed to chrysotile asbestos dust does not differ significantly from the national and industry levels, and in comparison with the control group shows lower indicators; the level of occupational health risk of workers exposed to chrysotile asbestos is significant; the highest incidence rates are registered in young and least trained employees of the workshop of asbestos — cement products, and by gender-in men, which should be taken into account when planning preventive measures.*

Keywords: *asbestos; chrysotile; mineral fibers; industrial aerosols; working conditions; morbidity; occupational risk; professionally caused diseases; dynamics of morbidity*

For citation: Hutsich E.A., Kosiachenko G.E. Level of occupational health risk for workers exposed to aerosols containing chrysotile asbestos. *Med. truda i prom. ekol.* 2020; 60 (5). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-5-284-293>

For correspondence: *Katsiaryna A. Hutsich*, Head of the scientific and organizational Department, junior researcher of occupational hygiene laboratory of the Republican Unitary Enterprise “Scientific and practical center of hygiene”. E-mail: ekhutsich@gmail.com.

ORCID: Hutsich E.A 0000-0002-1910-6556

Funding. The study was carried out within the framework of the industry scientific and technical program “Health and environment”, funded by the Ministry of Health of the Republic of Belarus and the Republican Unitary Enterprise “Scientific and practical center of hygiene”.

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

Received: 30.03.2020 / Accepted: 16.04.2020 / Published: 18.05.2020

Введение. По данным ВОЗ, в Европейском регионе неудовлетворительные условия труда каждый год приводят в общей сложности к 300 тыс. случаев смерти, связанных с трудовой деятельностью, и экономическим потерям, эквивалентным 5% ВВП. При этом главными профессиональными рисками (ПР) являются травматизм (32% профессионального бремени заболеваний), шум (21%), канцерогены (16%), взвешенные вещества в воздухе (27%) и эргономические опасные факторы (4%). Профессиональные канцерогены становятся причиной смерти порядка 304 тыс. человек в мире ежегодно, и причина половины из этих смертей — профессиональное воздействие асбеста [1].

Основными формами патологии, вызываемыми асбестом, являются асбестоз, плевральные бляшки, мезотелиома плевры, рак легкого, плевры, глотки и гортани, существуют также ограниченные данные о связи воздействия асбеста с развитием рака желудка и прямой кишки [2–5].

При этом, отсутствие достаточных доказательств о степени токсичности различных видов асбеста разделило мировое научное и политическое сообщество на две группы: одни предполагают, что все виды асбестовых волокон необходимо относить к потенциально опасным, другие

Introduction. According to WHO, in the European region, unsatisfactory working conditions lead to a total of 300,000 work-related deaths and economic losses equivalent to 5% of Gross Domestic Product (GDP) each year. The main occupational risks are injuries (32% of the occupational disease burden), noise (21%), carcinogens (16%), suspended substances in the air (27%) and ergonomic hazards (4%). Professional carcinogens be the cause of death about 304 thousand people in the world every year, and the cause of half of these deaths is occupational exposure to asbestos [1].

The main forms of pathology caused by asbestos are asbestosis, pleural plaques, pleural mesothelioma, lung, pleural, pharyngeal and laryngeal cancer, there is also limited data about the connection of asbestos exposure with the development of stomach and rectal cancer [2–5].

At the same time, the lack of sufficient evidence on the degree of toxicity of various types of asbestos has divided the world scientific and political community into two groups: some suggest that all types of asbestos fibers should be classified as potentially dangerous, others believe that only amphibole asbestos can be considered a highly toxic mineral, while industrial use of chrysotile may be associated with an

считают, что только амфиболовый асбест можно считать высокотоксичным минералом, в то время как промышленное использование хризотила может быть сопряжено с приемлемым уровнем риска для здоровья. В результате данных противоречий на сегодня асбест ограничен к использованию или запрещен в 55 из 195 стран мира, в число которых не входит Республика Беларусь (РБ) [6,7].

Одним из основных индикаторных заболеваний профессионального воздействия асбеста считается мезотелиома плевры [6,8–11]. Частота возникновения мезотелиомы в РБ за последние 20 лет регистрировалась от 30 до 70 случаев в год, при этом ни для одного из этих случаев не подтверждена связь с профессиональным воздействием [12].

Данные официальной статистики РБ свидетельствуют о том, что уровни профессиональной заболеваемости ежегодно снижаются и в последние годы количество зарегистрированных случаев составляет менее 100 в абсолютных цифрах, при этом условия труда на 65,4% рабочих мест РБ оценены как вредные [13]. Данный факт зачастую ставит под сомнение обоснованность гигиенических нормативов и в этой связи особенно актуальным является изучение степени профессиональной обусловленности ЗВУТ с последующей оценкой ПР здоровью работающих.

Результаты ряда исследований показывают, что реализация надзорных мероприятий и мер административной ответственности в отношении нанимателя не всегда является достаточно эффективной в целях профилактики профессиональных заболеваний и травм [14]. В условиях либерализации экономики связь изменений состояния здоровья работников с неблагоприятными условиями труда на конкретном предприятии на основе модели оценки рисков для здоровья может являться доказательной базой для планирования и реализации целенаправленных профилактических мероприятий.

Цель исследования — определение особенностей динамики и структуры ЗВУТ и оценка уровня ПР здоровьем работников, подвергающихся воздействию аэрозолей, содержащих хризотиловый асбест, при производстве строительных материалов.

Материалы и методы. Исследования проведены на базе цеха по производству асбестоцементных изделий на основе хризотила ОАО «Красносельскстройматериалы» (Республика Беларусь).

Для изучения ЗВУТ сформированы исследуемая группа работников цеха по производству асбестоцементных изделий (цех №1) в количестве 395 круглогодичных человеко-лет и группа работников цеха по производству блоков из ячеистого бетона и композиционных материалов (цех №2) в количестве 659 круглогодичных человеко-лет, составившая группу контроля. Группы подобраны с учетом различий по ведущим вредным факторам производственной среды на рабочих местах и сходства непрофессиональных причин у технологического персонала цехов. В качестве группы контроля выбран цех со схожими условиями труда на большинстве рабочих мест (вредные 1–2 степени).

Как в исследуемой, так и в контрольной группе основную массу работающих составляют лица в возрасте от 30 до 50 лет — 61,0% и 57,1% соответственно. В соответствии с возрастом контингент работающих распределялся и по стажу. Самая многочисленная группа цеха № 1 «15 лет и старше» составила 82,5%. В цехе № 2 эта группа работников также оказалась самой многочисленной (37,9%), однако в целом работники контрольной группы были менее стажированными. Статистический анализ данных позволил установить то, что группы имеют существенные отличия по

acceptable level of health risk. As a result of these contradictions, today asbestos is restricted to use or banned in 55 of the 195 countries of the world, which does not include the Republic of Belarus [6,7].

Pleural mesothelioma is considered one of the main indicator diseases of occupational exposure to asbestos [6,8–11]. The incidence of mesothelioma in the Republic of Belarus over the past 20 years has been recorded from 30 to 70 cases per year, and none of these cases has been confirmed to be associated with occupational exposure [12].

Official statistics of the Republic of Belarus show that the levels of occupational morbidity are decreasing annually and in recent years the number of registered cases is less than 100 in absolute numbers, while working conditions in 65.4% of the Republic's workplaces are rated as harmful [13]. This fact often calls into question the validity of hygiene standards and in this regard, it is particularly relevant to study of the degree of professional conditionality of morbidity with the temporary disability (TD) with subsequent assessment of occupational risks to the health of workers.

The results of several studies show that the implementation of supervisory measures and administrative responsibility measures against the employer is not always effective enough to prevent occupational diseases and injuries [14]. And in the context of economic liberalization, the link between changes in the health status of employees and unfavorable working conditions at a particular enterprise based on the health risk assessment model can be an evidence base for planning and implementing targeted preventive measures.

The aim of the study is to determine the characteristics of the dynamics and structure of the incidence with the temporary disability and assess the level of occupational health risk of workers exposed to aerosols containing chrysotile asbestos in the production of construction materials.

Materials and methods. The research was carried out on the basis of the workshop for the production of asbestos-cement products based on chrysotile of JSC “Krasnoselskstroy-materialy” (Republic of Belarus).

The study group of employees of workshop on manufacture of asbestos products (workshop No. 1) in the amount of 395 year-round person-years and a group of workers for the production of blocks from cellular concrete and composite materials (workshop No. 2) in the amount of year-round 659 person-years, formed the control group were formed for study of incidence with the temporary disability. The groups were selected considering differences in the leading harmful factors of the production environment in the workplaces and the similarity of non-production causes among the technological staff of the workshops. The control group is a workshop with similar working conditions in most workplaces (harmful 1–2 degrees).

Both in the study group and in the control group, most employees are aged 30 to 50 years — 61.0% and 57.1%, respectively. In accordance with age, the contingent of employees was distributed by length of service. The largest group of workshops No. 1 “15 years and older” was 82.5%. In workshop No. 2, this group of employees was also the largest (37.9%), but in general, the control group employees are less experienced. Statistical analysis of the data allowed us to establish that the groups have significant differences in gender (in the study group, the share of men was 50.9% (59; $n=116$), in the control group — 73.6% (142; $n=193$), ($\chi^2 = 16.44$, $p<0.001$)), by age (the average age in the study group was 45.5 ± 0.42 years, in the control group — 37.6 ± 0.39 years ($p<0.001$)), by experience (the average length of service in the study group

полу (в исследуемой группе доля мужчин составила 50,9% (59; $n=116$), в группе контроля — 73,6% (142; $n=193$), ($\chi^2=16,44$, $p<0,001$)), по возрасту (средний возраст в исследуемой группе составил $45,5\pm 0,42$ года, в группе контроля — $37,6\pm 0,39$ года ($p<0,001$)), по стажу (средний стаж в исследуемой группе составил $22,7\pm 0,43$ года, в группе контроля — $13,7\pm 0,34$ года ($p<0,001$)).

Для исключения влияния факторов неоднородного состава (пол, возраст, стаж) на показатели заболеваемости исследуемой группы и группы контроля использовали прямой метод стандартизации статистических совокупностей. За стандарт принималась сумма совокупностей каждой группы.

Для получения данных о ЗВУТ произведена выкопировка данных листов нетрудоспособности за период с 2014 по 2017 г. Всего обработаны данные 1380 листов нетрудоспособности, в окончательную базу данных вошло 966 случаев временной нетрудоспособности (ВН).

Для проведения анализа заболеваемости исследуемой группы и группы контроля использован метод углубленного анализа ЗВУТ¹. Для качественной оценки общих показателей ВН использована шкала Е.Л. Ноткина, а также сравнение показателей со среднесрочными республиканскими уровнями и нормирующими показателями в отрасли производства строительных материалов.

Оценка ПР здоровью работающих проведена с учетом вероятности вреда (класс условий труда) и тяжести последствий (относительный риск)². Уровень потерь профессионального здоровья рассчитан с учетом среднего возраста и стажа работающих.

Для оценки многолетнего движения заболеваемости использован метод расчета темпов роста и темпов прироста. Для оценки многолетних тенденций динамики заболеваемости использован показатель среднего многолетнего темпа прироста.

Статистическая обработка и анализ полученных данных проводились с использованием пакета статистических программ Statistica 10. Для интенсивных показателей рассчитывали ошибку и 95% доверительный интервал — $P\pm m$ (95% ДИ). Расчет доверительных интервалов для интенсивных показателей произведен по методу Вальда.

Оценка достоверности разности сравниваемых величин проведена на основании величины критерия Стьюдента (t). Для оценки равенства дисперсии распределений признаков в сравниваемых группах применялся критерий Левена. Значимость различий данных, характеризующих качественные признаки, определена на основании величины критерия соответствия (χ^2). Результаты считались достоверными, а различия между показателями — значимыми при вероятности безошибочного прогноза не менее 95,5% ($p<0,05$).

Результаты. В целом за анализируемый четырехлетний период изучения в исследуемой группе выявлено снижение как числа случаев ВН на 39,5% с 113,9 (95% ДИ 93,76–134,02) на 100 работающих до 75,8 (95% ДИ 57,93–93,72), так и числа дней ВН на 30,6% с 1060,2 (95% ДИ

was $22,7\pm 0,43$ years, in the control group — $13,7\pm 0,34$ years ($p<0,001$)).

To exclude the influence of factors of heterogeneous composition (gender, age, experience) on the incidence rates of the study group and control groups, a direct method of standardization of statistical aggregates was used. The standard was the sum of the aggregates of each group.

To obtain data on the incidence with the TD, copies of these disability sheets were made for the period from 2014 to 2017. A total of 1,380 disability sheets were processed, and the final database included 966 cases of disability.

To analyze the incidence of the study group and the control group, the method of in-depth analysis of the incidence with TD was used¹. For a qualitative assessment of the overall indicators of disability, the E.L. Notkin scale was used, as well as a comparison of indicators with the average long-term republican levels and normalizing indicators in the construction materials industry.

The assessment of occupational risk to the health of employees was carried out considering the probability of harm (class of working conditions) and the severity of the consequences (relative risk)². The level of occupational health losses is calculated considering the average age and length of service of employees.

To estimate the long-term movement of morbidity, the method of calculating growth rates and growth rates was used. To assess long-term trends in the dynamics of morbidity, we used the indicator of the average long-term growth rate.

Statistical processing and analysis of the data obtained were performed using The Statistica 10 package of statistical programs. For intensive indicators, the error and 95% confidence interval — $P\pm m$ (95% CI) were calculated. The calculation of confidence intervals for intensive indicators is made using the Wald method.

The reliability of the difference between the compared values was assessed based on the Student's test value (t). The Leven test was used to assess the equality of the variance of feature distributions in the compared groups. The significance of differences in data describing qualitative characteristics was determined based on the value of the compliance criterion (χ^2). The results of the study were considered reliable, and the differences between the indicators were significant if the probability of an error-free forecast was at least 95.5% ($p<0,05$).

Results. During the analyzed four-year study period in the study group showed a reduction in both the number of cases with temporary disability per 39.5% with 113.9 (95% CI 93.76–134.02) cases per 100 employees to 75.8 (95% CI, 57.93–93.72) and the number of days of NR 30.6% with 1060.2 (95% CI 660.28–1460.09) days per 100 employees to 853.8 (95% CI 502.98–1204.72) (Table 1). Average pace of decline was 12.7%, indicating a pronounced downward trend in the number of cases of temporary disability in dynamics for the study period. At the same time, the duration of 1 case increased from 9.3 (95% CI 8.38–10.24) days in 2014 to 11.3

¹ Углубленный анализ заболеваемости с временной утратой трудоспособности работающих: метод. указания: утв. М-вом здравоохранения Респ. Беларусь, 30 нояб. 1999 г., № 112–9911. Сборник официальных документов по медицине труда и производственной санитарии. Респ. центр гигиены и эпидемиологии, Науч.-исслед. ин-т санитарии и гигиены. Минск; 2001. Ч. 8: 79–100.

² Критерии оценки и показатели производственно обусловленной заболеваемости для комплексного анализа влияния условий труда на состояние здоровья работников, оценки профессионального риска: инструкция по применению: утв. М-вом здравоохранения Респ. Беларусь, 24 нояб. 2009 г., рег. № 062–1109, разработ.: Р. Д. Клебанов и др. Минск; 2009.

¹ Evaluation criteria and indicators of production-related morbidity for a complex analysis of the impact of working conditions to the state of employees health, assessments of occupational risk: Instructions for use, Ministry of Health of Belarus Republic, November 24. 2009, reg. No. 062–1109, by R. D. Klebanov et al. Minsk; 2009.

² Advanced analysis of morbidity with temporary disability of employees: Methodical instructions, Ministry of Health of Belarus Republic, November 30, 1999, No. 112–9911. Collection of offline documents on occupational health and manufactured sanitation. Republic center for hygiene and epidemiology, Research Institute of sanitation and hygiene. — Minsk, 2001, part 8, p. 79–100.

660,28–1460,09) на 100 работающих до 853,8 (95% ДИ 502,98–1204,72) (табл. 1). Среднемноголетний темп снижения показателя составил 12,7%, что говорит о выраженной тенденции к снижению числа случаев ВН в динамике за изучаемый период. При этом длительность 1 случая возросла с 9,3 (95% ДИ 8,38–10,24) дня в 2014 г. до 11,3 (95% ДИ 9,20–13,32) дня в 2017 г. Значительное снижение временной нетрудоспособности предопределило уменьшение трудопотерь по классу «Болезни органов дыхания»: с 65,7 (95% ДИ 50,45–81,03) до 36,3 (95% ДИ 23,89–48,64) случаев ВН и с 513,0 (95% ДИ 319,47–706,45) до 302,2 (95% ДИ 178,02–426,38) дней ВН по данному классу.

Снижение уровней заболеваемости в группе контроля за изучаемый период происходило сравнимыми темпами и составило: 38,6% по случаям ВН (с 136,1 (95% ДИ 119,07–153,15) до 92,7 (95% ДИ 77,36–108,07) случаев на 100 работающих) и 30,6% по дням ВН (с 1246,1 (95% ДИ 882,02–1610,20) до 980,8 (95% ДИ 667,92–1293,67) дней на 100 работающих). Длительность 1 случая в контрольной группе также возросла с 9,2 (95% ДИ 8,51–9,80) до 10,6 (95% ДИ 8,90–12,26) дней, однако рост данного показателя оказался не так значителен, как в исследуемой группе.

Анализ среднемноголетних показателей ЗВУТ по шкале, предложенной Е.Л. Ноткиным, выявил средние уровни заболеваемости в исследуемой группе (81,3 (95% ДИ 72,38–90,16) случая ВН, 825,8 (95% ДИ 662,94–988,71) дня ВН) и в группе контроля (97,9 (95% ДИ 90,32–105,43) случаев ВН, 969,0 (95% ДИ 821,07–1117,02) дня ВН).

Общие показатели уровня временной нетрудоспособности имели статистически значимые различия в исследуемой и контрольной группах. Среднемноголетнее количество случаев ВН в группе контроля (97,9 (95% ДИ 90,32–105,43) случая ВН) достоверно выше количества случаев в исследуемой группе (81,3 (95% ДИ 72,38–90,16) случая ВН) на 20,4% ($t=2,79, p<0,05$), а ИП — на 24,1% ($t=3,45, p<0,05$).

Динамика показателя «процент болевших лиц» за изученный период также демонстрировали тенденцию к снижению в обеих группах. При этом процент болевших лиц снизился в исследуемой группе с 58,3% в 2014 г., что соответствует среднему уровню заболеваемости, до 44% в 2017 г., что соответствует уровню заболеваемости ниже среднего. В группе контроля в 2014 г. процент болевших лиц характеризовал уровень заболеваемости как «выше среднего» и составлял 60,0%, и за четырехлетний период снизился до 49,7%, что соответствует среднему уровню ЗВУТ. Сравнение

(95% CI 9.20–13.32) days in 2017. A significant decrease in temporary disability caused a decrease in labor loss for the class “respiratory Diseases”: from 65.7 (95% CI 50.45–81.03) to 36.3 (95% CI 23.89–48.64) cases of temporary disability and from 513.0 (95% CI 319.47–706.45) to 302.2 (95% CI 178.02–426.38) days of disability for this class.

The decrease in morbidity rates in the control group during the study period occurred at a comparable rate and amounted to: 38.6% for cases of temporary disability (from 136.1 (95% CI 119.07–153.15) to 92.7 (95% CI 77.36–108.07) cases per 100 employees) and 30.6% for days of temporary disability (from 1246.1 (95% CI 882.02–1610.20) to 980.8 (95% CI 667.92–1293.67) days per 100 employees). The duration of 1 case in the control group also increased from 9.2 (95% CI 8.51–9.80) to 10.6 (95% CI 8.90–12.26) days, but the increase in this indicator was not as significant as in the study group.

The analysis of the average long-term indicators of morbidity with temporary disability /TD/ on the scale proposed by E. L. Notkin revealed average levels of morbidity both in the study group (81.3 (95% CI 72.38–90.16) cases of TD, 825.8 (95% CI 662.94–988.71) days of TD) and in the control group (97.9 (95% CI 90.32–105.43) cases of TD, 969.0 (95% CI 821.07–1117.02) days of TD).

General indicators of the level of temporary disability had statistically significant differences in the study and control groups. The average number of long-term cases of TD in the control group (97.9 (95% CI 90.32–105.43) cases of TD) is significantly higher than the number of cases in the study group (81.3 (95% CI 72.38–90.16) cases of TD) by 20.4% ($t=2.79, p<0.05$), and CI — by 24.1% ($t=3.45, p<0.05$).

The dynamics of the indicator “percentage of sick persons” for the studied period also showed a downward trend in both groups. At the same time, the percentage of people who were ill decreased in the study group from 58.3% in 2014, which corresponds to the average level of morbidity, to 44.0% in 2017, which corresponds to the level of morbidity — below average. In the control group in 2014, the percentage of ill individuals characterized the incidence rate as “above average” and was 60.0%, and over a four-year period it decreased to 49.7%, which corresponds to the average incidence rate with TD. Comparison of the average long-term indicators “percentage of sick persons” (46.1% in the study group and 49.9% in the control group) and “health index” (53.9% in the study group and 50.1% in the control group) showed no significant differences between the groups ($\chi^2=1.46, p=0.226$).

Таблица 1 / Table 1

Динамика показателей ЗВУТ работников ОАО «Красносельскстройматериалы» за 2014–2017 гг. (на 100 круглогодичных рабочих)

Dynamics of indicators of morbidity with temporary disability of employees of JSC “Krasnoselskstroyaterialy” for 2014–2017 (per 100 year-round workers)

Год	Цех №1 (P±m)				Цех №2 (P±m)			
	Случаи	Дни	Средняя длительность случая	ИП	Случаи	Дни	Средняя длительность случая	ИП
2014	113,9±10,27	1060,2±204,03	9,3±0,48	347,5±28,22	136,1±8,70	1246,1±185,76	9,2±0,33	411,8±26,71
2015	60,0±7,75	628,0±125,60	10,5±1,12	194,1±13,52*	78,4±6,77	797,7±122,00	10,2±0,93	250,0±14,81
2016	71,9±8,65	741,7±151,39	10,3±0,67	230,9±17,74	80,3±7,15	826,8131,96	10,3±0,60	257,6±16,08
2017	75,8±9,13	853,8±179,01	11,3±1,05	254,4±20,78	92,7±7,84	980,8±159,63	10,6±0,86	301,6±20,06
2014–2017	81,3±4,54*	825,8±83,10	10,2±0,39	259,1±10,21*	97,93,85	1056,982,34	10,8±0,71	321,610,40

Примечание: * — статистически значимые различия по сравнению с группой контроля (цех № 2) при $p<0,05$

Note: * — statistically significant differences compared to the control group (shop No. 2) at $p<0.05$

среднемноголетних показателей «процент болевших лиц» (46,1% в исследуемой группе и 49,9% в контрольной группе) и «индекс здоровья» (53,9% в исследуемой группе и 50,1% в контрольной группе) показало отсутствие достоверных различий между группами ($\chi^2=1,46$, $p=0,226$).

Сравнение среднемноголетних показателей заболеваемости исследуемой группы с республиканскими показало, что уровень ЗВУТ работников, подвергающихся воздействию пыли асбеста на рабочем месте, не имеет статистически значимых отличий от среднереспубликанского уровня как по случаям, так и по дням ВН. Аналогичный анализ, проведенный с нормирующими показателями заболеваемости в отрасли производства строительных материалов, выявил более низкий уровень заболеваемости в цехе № 1 по интегральному показателю (ИП), ($t=2,30$, $p<0,05$), однако по случаям ВН и по дням ВН статистически значимых различий выявлено не было.

Комплексная оценка ПР с использованием средневзвешенного суммарного коэффициента условий труда (2,69) и интегрального параметра уровня ЗВУТ работников исследуемой группы позволила установить, что индекс ПР у работников цеха асбестоцементных изделий равен 5, что оценивается как средний (существенный, нежелательный) и требует принятия мер по его снижению с установлением конкретных сроков их выполнения.

Стандартизация общих показателей ЗВУТ в группах сравнения по полу не изменила соотношения показателей. Анализируя уровни ЗВУТ, дифференцированные по полу, стоит отметить, что в цехе № 1 выявлены статистически значимые гендерные различия: мужчины болеют на 40,2% чаще ($t=3,00$, $p<0,05$) и на 53,8% дольше ($t=2,05$, $p<0,05$) женщин того же цеха (табл. 2). Обнаружен более высокий интегральный показатель уровня заболеваемости женщин в контрольной группе по сравнению с исследуемой ($t=2,53$, $p<0,05$).

Стандартизация общих показателей заболеваемости в группах по возрасту позволила установить, что при одинаковом возрастном составе исследуемой и контрольной групп соотношение показателей было бы иным только за 2014 г. по случаям ВН, остальные показатели не изменили соотношение после стандартизации. Установленные закономерности свидетельствуют о том, что достоверные различия в возрастном составе исследуемой и контрольной групп не оказывают существенного влияния на показатели ЗВУТ в данных группах.

При сопоставлении уровней заболеваемости по возрасту замечено, что как в исследуемой, так и в контрольной группе, наибольшее число случаев ВН наблюдается у работников

A comparison of the average long-term morbidity rates of the study group with the national ones showed that the level of morbidity with TD of workers exposed to asbestos dust in the workplace has no statistically significant differences from the national average level both for cases and for days of TD. A similar analysis carried out with normalizing indicators of morbidity in the construction materials industry revealed a lower level of morbidity in shop No. 1 for individual entrepreneurs ($t=2.30$, $p<0.05$), but there were no statistically significant differences between cases of TD and days of TD.

A complex assessment of occupational risk using the weighted average total coefficient of working conditions (2.69) and the integral parameter of the level of morbidity with TD of employees of the study group allowed us to establish that the index of occupational risk for employees of the asbestos cement products shop is 5, which is estimated as the average level of risk (significant, undesirable) and requires taking measures to reduce it with the establishment of specific deadlines for their implementation.

Standardization of general indicators of incidence with TD in comparison groups by gender did not change the ratio of indicators.

Analyzing the levels of incidence with TD differentiated by gender, it should be noted that in workshop 1, statistically significant gender differences were revealed: men are ill 40.2% more often ($t=3.00$, $p<0.05$) and 53.8% longer ($t=2.05$, $p<0.05$) than women in the same workshop (table 2). When comparing the indicators in different groups, a higher integral indicator of the level of morbidity of women in the control group was found in comparison with the study group ($t = 2.53$, $p<0.05$).

Standardization of general indicators of morbidity in age groups allowed us to establish that if the same age composition of the study and control groups, the ratio of indicators would have been different only in 2014 for cases of TD, the remaining indicators did not change the ratio after standardization by age. The established regularities indicate that significant differences in the age composition of the study and control groups do not significantly affect the incidence of TD in these groups.

When comparing the levels of morbidity by age, it was noted that, both in the study and in the control group, the largest number of cases of TD is observed in employees under 30 years of age, then with increasing age, the incidence of disease in both groups decreases (table 3). According to the number of days of TD, the highest values of the indicator in the study group were observed in the age of 40–49 years (950.9 (95% CI

Таблица 2 / Table 2

ЗВУТ работников ОАО «Красносельскстройматериалы» в зависимости от пола за 2014–2017 гг. (на 100 круглогодичных работников)
Morbidity with temporary disability of employees of JSC “Krasnoselskstroyaterialy”, depending on gender, for 2014–2017 (per 100 year-round employees)

Пол	Показатель	Цех №1 (P±m)	Цех №2 (P±m)
Мужчины	случаи	95,3±7,05**	105,9±4,71
	дни	1006,8±145,31**	1009,9±92,48
	ИП	309,8±18,40**	327,0±12,47
Женщины	случаи	68,0±5,79	76,9±6,50
	дни	654,7±91,90	862,1±127,80
	ИП	211,0±10,74*	257,5±14,93

Примечания: * — статистически значимые различия по сравнению с группой контроля (цех № 2) при $p<0,05$; ** — статистически значимые гендерные различия внутри группы при $p<0,05$.

Notes: * — statistically significant differences compared to the control group (shop No. 2) at $p<0.05$; ** — statistically significant gender differences within the group at $p<0.05$.

младше 30 лет, далее с увеличением возраста частота заболеваемости в обеих группах снижается (табл. 3). По числу дней ВН наиболее высокие значения показателя в исследуемой группе наблюдались в возрасте 40–49 лет (950,9 (95% ДИ 664,16–1237,62)), а в контрольной группе — у работников в возрасте до 30 лет (1305,7 (95% ДИ 918,80–1692,63)). Статистически значимых различий в заболеваемости различных возрастных групп между цехами выявлено не было, за исключением ИП в возрастной группе «30–39 лет», который был выше у работников цеха № 2 ($t=3,84, p<0,05$).

Стандартизованные по стажу общие показатели заболеваемости в цехах изменили соотношение только по случаям и дням ВН за 2014 г., остальные показатели, в том числе среднемноголетние, не изменили соотношение после стандартизации по стажу. Полученные данные говорят о том, что достоверные различия в стажевом составе исследуемой и контрольной групп не оказывают существенного влияния на показатели ЗВУТ в данных группах.

Анализ заболеваемости по стажу выявил высокую заболеваемость в стажевой группе «1–4 года» в обоих цехах, при этом число случаев нетрудоспособности в цехе № 2 для данной стажевой группы составило 184,0 (95% ДИ 153,30–214,70) случая ВН, а число дней нетрудоспособности составило 1761,3 (95% ДИ 964,08–2558,59) дня ВН на 100 работающих, что характеризует уровень заболеваемости в данной группе как «очень высокий» по шкале, предложенной Е.Л. Ноткиным (табл. 4). В этой же стажевой группе обнаружены достоверные отличия в уровнях заболеваемости исследуемой и контрольной групп по случаям ВН ($t=2,38, p<0,05$) и по интегральному показателю ($t=3,59, p<0,05$). С увеличением стажа работы уровень ЗВУТ в обеих группах снижается.

При сравнительном анализе частоты и длительности заболеваний работников по отдельным классам болезней в исследуемой группе установлено, что в структуре патологии основное место занимают болезни органов дыхания как по случаям, так и по календарным дням с удельным весом 48,3% и 37,1% соответственно, из них 94,2% случаев ВН и 91,4% дней ВН приходятся на острые респираторные инфекции.

На втором месте — болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани с удельным весом 23,7% по случаям и 26,9% по дням ВН. Причинами нетрудоспособности по данному классу заболеваний чаще всего становятся неврологические проявления поясничного и грудного остеохондроза, на которые приходится 65,8% случаев ВН и 51,2% дней ВН.

Третье ранговое место в структуре как по случаям (9,4%), так и по календарным дням (13,0%) занимают

664.16–1237.62)), and in the control group — in workers under 30 years of age (1305.7 (95% CI 918.80–1692.63)). There were no statistically significant differences in the incidence of various age groups between workshops, with the exception of integral indicator /II/ in the age group “30–39” years, which was higher in the employees of workshop 2 ($t=3.84, p<0.05$).

General indicators of morbidity standardized by length of service in the workshops changed the ratio only in cases and days of TD for 2014, other indicators, including the average, did not change the ratio after standardization by the experience. In general, the data obtained suggest that significant differences in the age structure of the study and control groups do not significantly affect the incidence of TD in these groups.

The analysis of morbidity by experience revealed a high incidence in the trainee group “1–4 years” in both workshops, while the number of cases of disability in workshop No 2 for this trainee group was 184.0 (95% CI 153.30–214.70) cases of TD, and the number of days of disability was 1761.3 (95% CI 964.08–2558.59) days of TD per 100 employees, which characterizes the level of morbidity in this group as “very high” on the scale proposed by E.L. Notkin (table 4). In the same study group, significant differences were found in the incidence levels of the study and control groups for cases of TD ($t=2.38, p<0.05$) and for the integral indicator ($t=3.59, p<0.05$). Further, with increasing work experience, the incidence of TD in both groups decreases.

In a comparative analysis of the frequency and duration of diseases of employees for certain classes of diseases in the study group, it was found that the main place in the structure of pathology is occupied by respiratory diseases both by cases and by calendar days with a specific weight of 48.3% and 37.1%, respectively, of which 94.2% of cases of TD and 91.4% of days of TD are acute respiratory infections.

In second place — diseases of the musculoskeletal system and connective tissue with a specific weight of 23.7% for cases and 26.9% for days of TD. The causes of disability for this class of diseases are most often neurological manifestations of lumbar and thoracic osteochondrosis, which account for 65.8% of cases of TD and 51.2% of days of TD.

Diseases of the circulatory system occupy the third place in the structure both by cases (9.4%) and by calendar days (13.0%). From diseases of the circulatory system the largest share had diseases of arteries, arterioles and capillaries (36.7% of TD cases and 40.4% of days of TD), a disease characterized by elevated blood pressure (33.3% of RD cases and 21.5% of days TD) and diseases of veins, lymphatic vessels and lymph nodes (20.0% of TD cases and 29.6% of days of TD).

Таблица 3 / Table 3

ЗВУТ работников ОАО «Красносельскстройматериалы» в зависимости от возраста за 2014–2017 гг. (на 100 круглогодичных работников)
Morbidity with temporary disability of employees of JSC “Krasnoselskstroyaterialy” depending on age for 2014–2017 (per 100 year-round employees)

Группа сравнения	Показатель ВН	Возраст, лет			
		<30	30–39	40–49	50 и >
Цех № 1 (P±m)	случаи	111,8±25,64	62,5±9,32	89,4±7,27	77,4±7,52
	дни	829,4±402,32	522,2±123,09	950,9±146,29	830,7±141,94
	ИП	304,5±60,51	180,7±14,23*	291,5±18,17	253,5±16,85
Цех № 2 (P±m)	случаи	140,6±8,96	83,3±6,21	87,5±7,40	73,2±8,23
	дни	1305,7±197,41	788,0±107,23	959,4±151,69	800,0±153,96
	ИП	428,4±28,36	256,3±13,61	289,7±18,54	241,9±17,83

Примечание: * — статистически значимые различия по сравнению с группой сравнения (цех № 2) при $p<0,05$.

Note: * — statistically significant differences compared to the comparison group (workshop No. 2) at $p<0.05$.

болезни системы кровообращения. Из болезней системы кровообращения наибольший удельный вес имели болезни артерий, артериол и капилляров (36,7% случаев ВН и 40,4% дней ВН), болезни, характеризующиеся повышенным кровяным давлением (33,3% случаев ВН и 21,5% дней ВН) и болезни вен, лимфатических сосудов и лимфатических узлов (20,0% случаев ВН и 29,6% дней ВН).

Сравнение заболеваемости в исследуемой и контрольной группах работников по отдельным нозологическим формам показало следующее. Показатели заболеваемости по классу эндокринных заболеваний в цехе № 1 достоверно выше показателей в цехе № 2 по дням ВН ($t=9,22, p<0,05$) и по ИП ($t=4,12, p<0,05$). При этом большая часть случаев ВН в этом классе представлена сахарным диабетом. Кроме того, выявлены достоверное превышение интегрального параметра уровня заболеваемости в цехе № 1 по сравнению с контрольной группой по классу болезней системы кровообращения ($t=3,92, p<0,05$) и болезней органов пищеварения ($t=3,13, p<0,05$). Следует также отметить, что по классу заболеваний органов дыхания уровни заболеваемости были достоверно выше в цехе № 2 как по случаям ВН ($t=3,20, p<0,05$), так и по дням ВН ($t=3,69, p<0,05$).

Однако при сравнении структуры ЗВУТ работников исследуемой группы с республиканскими и отраслевыми показателями обнаружена более высокая заболеваемость болезнями органов дыхания в цехе № 1 по сравнению с республиканскими уровнями по ИП ($t=7,31, p<0,05$) и по сравнению с нормирующими показателями в отрасли производства строительных материалов по дням ВН ($t=2,33, p<0,05$) и по ИП ($t=8,01, p<0,05$). По классу болезней костно-мышечной системы в цехе № 1 также выявлены значительно более высокие показатели заболеваемости по случаям ВН в сравнении с республиканскими уровнями ($t=3,72, p<0,05$) и отраслевыми показателями ($t=4,04, p<0,05$).

Важный с социальной и экономической стороны показатель часто и длительно болеющих лиц, как правило, коррелирует с общим уровнем трудопотерь, и чем выше последние, тем больше процент часто и длительно болеющих лиц. Сравнение показателей в исследуемой группе и группе контроля выявило несколько более высокие показатели в цехе № 2, однако различия не имели статистической значимости. Так доля часто болеющих составила 2,5% в цехе № 1 и 4,2% в цехе № 2 ($\chi^2=2,10, p=0,148$), длительно болеющих — 3,0% в цехе № 1 и 4,9% в цехе № 2 ($\chi^2=2,04, p=0,153$) и часто и длительно болеющих — 1,5% и 2,1% соответственно ($\chi^2=0,49, p=0,486$).

A comparison of the incidence in the study and control groups of employees for certain nosological forms showed the following. The incidence rates for the class of endocrine diseases in workshop 1 are significantly higher than those in workshop 2 for days of TD ($t=9.22, p<0.05$) and for integral indicator ($t=4.12, p<0.05$). At the same time, most cases of TD in this class are represented by diabetes mellitus. In addition, there was a significant excess of the integral parameter of the level of morbidity in workshop 1 compared with the control group for the class of diseases of the circulatory system ($t=3.92, p<0.05$) and diseases of the digestive system ($t=3.13, p<0.05$). It should also be noted that in the class of respiratory diseases, the incidence levels were significantly higher in workshop 2 both for cases of TD ($t=3.20, p<0.05$) and for days of TD ($t=3.69, p<0.05$).

However, when comparing the structure of morbidity with TD of employees of the study group with national and industry indicators, a higher incidence of respiratory diseases was found in workshop 1 compared with the national levels for integral indicator ($t=7.31, p<0.05$) and compared with the normalizing indicators in the construction materials industry for days of TD ($t=2.33, p<0.05$) and for integral indicator ($t=8.01, p<0.05$). For the class of diseases of the musculoskeletal system in workshop 1, significantly higher incidence rates for cases of high blood pressure were also revealed in comparison with the national levels ($t=3.72, p<0.05$) and industry indicators ($t=4.04, p<0.05$).

An important indicator from the social and economic side of frequently and long-term ill people, as a rule, correlates with the overall level of labor loss, and the higher the latter, the greater the percentage of frequently and long-term ill people. Comparison of indicators in the study group and the control group revealed slightly higher indicators in workshop 2, but the differences were not statistically significant. So the share of frequently ill people was 2.5% in workshop 1 and 4.2% in workshop 2 ($\chi^2=2.10, p=0.148$), long-term ill people — 3.0% in workshop 1 and 4.9% in workshop 2 ($\chi^2=2.04, p=0.153$) and often and long-term ill people — 1.5% and 2.1%, respectively ($\chi^2=0.49, p=0.486$).

To assess the severity of the course of diseases, the ratio of outpatient and inpatient cases in comparison groups was analyzed. It was found that for the entire study period, the percentage of hospitalization among employees of the study group was 14.0% for cases of TD and 9.5% for days of TD, while in the control group — 16.1% and 24.3%, respectively. Statistical processing of the obtained data revealed significantly

Таблица 4 / Table 4

ЗВУТ работников ОАО «Красносельскстройматериалы» в зависимости от стажа за 2014–2017 гг. (на 100 круглогодичных работников)
Morbidity with temporary disability of employees of JSC “Krasnoselskstroyaterialy”, depending on the length of service for 2014–2017 (per 100 year-round employees)

Группа сравнения	Показатель ВН	Стаж, лет			
		1–4	5–9	10–14	15 и >
Цех № 1 (P±m)	случаи	100,0±31,62*	90,9±20,33	97,3±16,22	78,2±4,90
	дни	660,0±417,42	772,7±329,49	918,9±302,14	823,9±91,27
	ИП	256,9±63,49*	265,0±44,59	299,0±40,10	253,9±10,95
Цех № 2 (P±m)	случаи	184,0±15,66	108,5±7,58	82,8±7,55	72,8±5,40
	дни	1761,3±406,76	996,8±145,02	915,2±152,00	741,6±93,81
	ИП	569,3±59,68	328,8±19,95	275,2±18,24	232,4±11,09

Примечание: * — статистически значимые различия по сравнению с группой контроля (цех № 2) при $p<0,05$.

Note: * — statistically significant differences compared to the control group (workshop No. 2) at $p<0.05$.

Для оценки тяжести течения заболеваний проведен анализ соотношения амбулаторных и стационарных случаев в группах сравнения. Установлено, что за весь изучаемый период процент госпитализации среди работников исследуемой группы составил 14,0% по случаям ВН и 9,5% по дням ВН, тогда как в группе контроля — 16,0% и 24,3% соответственно. Статистическая обработка полученных данных выявила достоверно более высокие уровни госпитализации в контрольной группе по дням ВН ($\chi^2 = 28,97, p < 0,001$).

Уровень потерь профессионального здоровья работников, рассчитанный с использованием постоянного коэффициента регрессии, составил 33,7% (существенный, 3 класс) в исследуемой группе и 45,7% (высокий, 4 класс) в группе контроля.

Обсуждение. Динамика общих интенсивных показателей ЗВУТ в цехе № 1 за изученный период демонстрирует выраженную тенденцию к снижению как числа случаев ВН на 39,5%, так и числа дней ВН на 30,6%, что обусловлено, в основном, уменьшением трудопотерь по классу «Болезни органов дыхания», однако при этом длительность 1 случая возросла с 9,3 (95% ДИ 8,38–10,24) дня в 2014 г. до 11,3 (95% ДИ 9,20–13,32) дня в 2017 г.

Общие среднеголетние показатели уровня временной нетрудоспособности достоверно выше в группе контроля на 20,4% по количеству случаев ВН ($t = 2,79, p < 0,05$) и на 24,1% по ИП ($t = 3,45, p < 0,05$). Однако, показатели заболеваемости по классу эндокринных заболеваний, болезней системы кровообращения и болезней органов пищеварения достоверно выше в исследуемой группе, что отчасти можно объяснить возрастными различиями групп (средний возраст работников исследуемой группы значительно выше такового в группе контроля). Среднеголетние показатели «процент болевших лиц» и «индекс здоровья» не имеют достоверных различий в исследуемой и контрольной группах ($\chi^2 = 1,46, p = 0,226$).

Среднеголетние показатели заболеваемости исследуемой группы работников не имеют статистически значимых различий с республиканскими и с нормирующими показателями заболеваемости в отрасли производства строительных материалов по случаям ВН и по дням ВН, но выявлен более низкий уровень заболеваемости в цехе № 1 по ИП по сравнению с отраслью ($t = 2,30, p < 0,05$).

Стандартизация общих показателей заболеваемости по полу, возрасту и стажу не изменила их соотношения, что свидетельствует о том, что несмотря на достоверные различия полового, возрастного и стажевого состава исследуемой и контрольной групп, это не оказывает существенного влияния на общие показатели ЗВУТ в данных группах.

В цехе № 1 мужчины болеют на 40,2% чаще ($t = 3,00, p < 0,05$) и на 53,8% дольше ($t = 2,05, p < 0,05$) женщин, а интегральный показатель заболеваемости работниц цеха № 2 достоверно выше такового работниц цеха № 1 ($t = 2,53, p < 0,05$).

ЗВУТ в исследуемой и контрольной группах зависит от возраста и стажа работников и наибольшее бремя нетрудоспособности приходится на работников в возрасте до 30 лет со стажем работы до 4 лет. С увеличением возраста и стажа работы уровни заболеваемости в обеих группах снижаются. Такую динамику показателей заболеваемости можно объяснить наличием периода адаптации организма работников к вредным производственным факторам.

Количество часто и длительно болеющих лиц в исследуемой и контрольной группе не имеет статистически значимых различий, а уровень госпитализации в контрольной группе выше по дням ВН ($\chi^2 = 28,97, p < 0,001$).

Индекс ПР у работников цеха асбестоцементных изделий равен 5, что оценивается как средний уровень риска

higher levels of hospitalization in the control group on days of high blood pressure ($\chi^2 = 28,97, p < 0,001$).

The level of occupational health losses of employees calculated using a constant regression coefficient was 33.7% (significant, class 3) in the study group and 45.7% (high, class 4) in the control group.

Discussion. The dynamics of the general intensive indicators of TD morbidity in workshop No 1 for the studied period shows a pronounced tendency to decrease both the number of TD cases by 39.5% and the number of TD days by 30.6%, which is mainly due to a decrease in labor losses for the class “Respiratory Diseases”, but the duration of 1 case increased from 9.3 (95% CI 8.38–10.24) days in 2014 to 11.3 (95% CI 9.20–13.32) days in 2017.

The overall average long-term indicators of temporary disability are significantly higher in the control group by 20.4% for the number of cases of TD ($t = 2.79, p < 0.05$) and by 24.1% for the individual entrepreneur ($t = 3.45, p < 0.05$). However, the incidence rates for the class of endocrine diseases, circulatory system diseases and digestive diseases are significantly higher in the study group, which can be partly explained by age differences in the groups (the average age of employees in the study group is significantly higher than in the control group). The average long-term indicators “percentage of sick persons” and “health index” do not have significant differences in the study and control groups ($\chi^2 = 1.46, p = 0.226$).

The mean annual incidence of the studied group of workers do not have statistically significant differences with national indicators and normalizing the incidence in the sector of production of construction materials in cases of TD and the TD days, but detected a lower incidence in workshop 1 on the integral indicator compared to industry ($t = 2,30, p < 0,05$).

Standardization of general indicators of morbidity by gender, age and experience did not change their ratio, which indicates that despite significant differences in the gender, age and experience composition of the study and control groups, this does not significantly affect the overall indicators of morbidity with TD in these groups.

In workshop No 1, men are 40.2% more ill ($t = 3.00, p < 0.05$) and 53.8% longer ($t = 2.05, p < 0.05$) than women, and the integral incidence rate of workshop No 2 workers is significantly higher than that of workshop No 1 workers ($t = 2.53, p < 0.05$).

The incidence of TD in the study and control groups depends on the age and length of service of employees, and the greatest burden of disability falls on employees under 30 years of age with up to 4 years of experience. With increasing age and work experience, the incidence rates in both groups decrease. Such dynamics of morbidity indicators can be explained by the presence of a period of adaptation of the workers' body to harmful production factors.

The number of frequently and long-term ill individuals in the study and control groups has no statistically significant differences, and the level of hospitalization in the control group is higher on days of TD ($\chi^2 = 28,97, p < 0,001$).

The occupational risk index for employees of the asbestos cement workshop is 5, which is estimated as an average risk level (significant, undesirable) and requires taking measures to reduce it with the establishment of specific deadlines for their implementation. At the same time, the level of occupational health losses of employees is 33.7% (significant, class 3) in the study group and 45.7% (high, class 4) in the control group.

Conclusions:

1. The incidence of TD of workers exposed to dust containing chrysotile asbestos does not differ significantly from the national

(существенный, нежелательный) и требует принятия мер по его снижению с установлением конкретных сроков их выполнения. При этом уровень потерь профессионального здоровья работников составляет 33,7% (существенный, 3 класс) в исследуемой группе и 45,7% (высокий, 4 класс) в группе контроля.

Выводы:

1. ЗВУТ работников, подвергающихся воздействию пыли, содержащей хризотилловый асбест, не имеет существенных отличий от республиканских и отраслевых уровней, а в сравнении с контрольной группой цеха производства блоков из ячеистого бетона и композиционных материалов демонстрирует более низкие показатели.

2. Неблагоприятные условия труда обуславливают существенный уровень потерь профессионального здоровья и нежелательный уровень ПР здоровью работников, подвергающихся воздействию пыли, содержащей хризотилловый асбест, что требует принятия мер по его снижению.

3. Наибольшие показатели заболеваемости регистрируются у молодых и наименее стажированных работников цеха асбестоцементных изделий, а по гендерному признаку — у мужчин, что должно учитываться при планировании профилактических мероприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шердель А. Здоровая окружающая среда — здоровые люди. Копенгаген: ВОЗ; 2018.
2. Wolf J., Prüss-Ustün A., Ivanov I., Mudgal S., Corvalán C., Bos R., Neira M. *Preventing disease through a healthier and safer workplace*. Geneva: WHO; 2018.
3. *Arsenic, Metals, Fibres, and Dusts: A review of human carcinogens*. Lyon: International Agency for Research on Cancer; 2012.
4. WHO. Chrysotile asbestos. http://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/chrysotile_asbestos_summary.pdf.
5. Bunderson-Schelvan M., Pfau J.C., Crouch R., Holian A. Nonpulmonary outcomes of asbestos exposure. *J. Toxicol. Environ. Health B Crit. Rev.* 2011; 14 (1–4): 122–52.
6. Gualtieri A.F., ed. *Mineral fibres: Crystal chemistry, chemical-physical properties, biological interaction and toxicity*. London: European Mineralogical Union; 2017.
7. Gualtieri A.F. Towards a quantitative model to predict the toxicity/pathogenicity potential of mineral fibers. *Toxicol. Appl. Pharmac.* 2018; 361: 89–98.
8. Кашанский С.В. Мезотелиома в России: системный обзор 3576 опубликованных случаев с позиций медицины труда. *Мед. труда и пром. экол.* 2008; 3: 15–21.
9. Музалевский П.Н., Шойхет Я.Н., Лазарев А.Ф., Григорук О.Г. Мезотелиома: распространенность и модифицирующие факторы. *Сиб. онколог. журн.* 2007; 2 (22): 77–83.
10. Варивончик Д.В. Эпидемиология злокачественной мезотелиомы в Украине (2001–2011 гг.). *Український журнал з проблем медицини праці.* 2012; 4 (33): 56–69.
11. Кундиев Ю.И., Варивончик Д.В. *Профессиональный рак: злокачественная мезотелиома*. Киев: ВД «Авицена»; 2015.
12. Косяченко Г.Е. и др. Условия труда и оценка профессионального риска работников асбестоперерабатывающих организаций РБ. *Медицина труда и экология человека.* 2017; 3: 14–8.
13. Микulich И.В. и др. *Состояние условий труда и профессиональной заболеваемости в Республике Беларусь за 2017 г.* Минск: ГУ «Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья»; 2018.
14. Mischke C. et al. Occupational safety and health enforcement tools for preventing occupational diseases and injuries. *Cochrane Database Syst. Rev.* 2013; 8: Art. CD010183.

and industry levels, and in comparison with the control group of the shop for the production of cellular concrete blocks and composite materials shows lower indicators.

2. Adverse working conditions cause a significant level of occupational health losses and an undesirable level of occupational health risk for workers exposed to dust containing chrysotile asbestos, which requires measures to reduce it.

3. The highest incidence rates are registered in young and least trained employees of the asbestos cement workshop, and by gender — in men, which should be considered when planning preventive measures.

REFERENCES

1. WHO. *Healthy Environments for Healthier People*. Copenhagen; 2018.
2. Wolf J., Prüss-Ustün A., Ivanov I., Mudgal S., Corvalán C., Bos R., Neira M. *Preventing disease through a healthier and safer workplace*. Geneva: World Health Organization, 2018.
3. *Arsenic, Metals, Fibres, and Dusts: A review of human carcinogens*. Part C. Lyon: International Agency for Research on Cancer; 2012.
4. WHO. Chrysotile asbestos. http://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/chrysotile_asbestos_summary.pdf.
5. Bunderson-Schelvan M., Pfau J.C., Crouch R., Holian A. Nonpulmonary outcomes of asbestos exposure. *J. Toxicol. Environ. Health B Crit. Rev.* 2011; 14 (1–4): 122–52.
6. Gualtieri A.F., ed. *Mineral fibres: Crystal chemistry, chemical-physical properties, biological interaction and toxicity*. London: European Mineralogical Union; 2017.
7. Gualtieri A.F. Towards a quantitative model to predict the toxicity/pathogenicity potential of mineral fibers. *Toxicol. Appl. Pharmac.* 2018; 361: 89–98.
8. Kashansky S.V. Mesothelioma in Russia: systematic review of 3576 published cases from occupational medicine viewpoint. *Med. truda i prom. ekol.* 2008; 3: 15–21 (in Russian).
9. Muzalevsky P.N., Shoikhet Ya.N., Lazarev A.F., Grigoruk O.G. Mesothelioma: prevalence and modifying factors (literature review). *Sibirskiy onkologicheskiy zhurnal.* 2007; 2 (22): 77–83 (in Russian).
10. Varyvonchik D.V. Epidemiology of malignant mesothelioma in Ukraine (2001–2011). *Ukrains'kiy zhurnal z problem meditsini pratsi.* 2012; 4 (33): 56–69 (in Russian).
11. Kundiev Yu.I., Varivonchik D.V. *Occupational Cancer: Malignant Mesothelioma*. Kiev: VD "Avitsena"; 2015 (in Russian).
12. Kosjachenko G.E., Ivanovich E.A., Tishkevich G.I., Hindziuk A.V., Nikolaeva E.A. Working conditions and evaluation of the professional risk of workers of industrial enterprises for processing of asbestos of Belarus. *Medicina truda i jekologija cheloveka.* 2017; 3: 14–8 (in Russian).
13. Mikulich I.V., Rakevich A.V., Kapustinskaya T.A., Biryuk T.I. The state of working conditions and occupational morbidity in the Republic of Belarus for 2017. Minsk: GU "Respublikanskiy tsentr higieny, epidemiologii i obshchestvennogo zdorov'ya"; 2018 (in Russian).
14. Mischke C., Verbeek J.H., Job J., Morata T.C., Alveslo-Kuusi A., Neuvonen K., Clarke S., Pedlow R.I. Occupational safety and health enforcement tools for preventing occupational diseases and injuries. *Cochrane Database Syst. Rev.* 2013; 8: Art. CD010183.

Иммунная дисрегуляция у работников предприятия черной металлургии в условиях избыточной контаминации ванадием

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

²ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Комсомольский пр-т, 29, Пермь, Пермский край, Россия, 614990;

³ФГБОУ ВО «Пермская государственная фармацевтическая академия» Министерство здравоохранения Российской Федерации, ул. Полевая, 2, Пермь, Пермский край, Россия, 614081

Введение. Химические факторы в условиях производства являются источниками постоянной опасности нарушения здоровья, в том числе и иммунологического, у работников предприятия черной металлургии с полным циклом выпуска феррованадия.

Цель исследования — оценка уровня мембранных, внутриклеточных и межклеточных показателей иммунорегуляции у работников предприятия черной металлургии в условиях избыточной контаминации ванадием.

Материалы и методы. Обследованы 77 человек, работающих в различных производственных условиях на металлургическом предприятии, из них 44 человека — работники ферросплавного цеха и дулексного цеха, экспонированные ванадием; 33 человека, не имеющие профессионального контакта с ванадием (административный персонал). Технологией проточной цитометрии выполнены исследование и оценка показателей иммунорегуляции мембранных — CD25⁺, CD95⁺ и внутриклеточных — p53, а также методом иммуноферментного анализа межклеточных — TNFα.

Результаты. Обнаружено, что у работающих в условиях экспозиции ванадий в крови выше референтных значений и значений, установленных у работающих вне экспозиции. У работающих при воздействии на организм ванадия в условиях производства содержание ванадия в крови статистически значимо ($p < 0,001$), в 3,2 раза, превышает референтный уровень и в 5,2 раза значения, полученные у работающих, не имеющих профессионального контакта с ванадием. Установлено, что у работающих в условиях воздействия ванадия статистически значимо ($p < 0,001$) в среднем в 1,5 раза повышена экспрессия CD25⁺-маркер и CD95⁺-маркер относительно значений, полученных у обследуемых, неэкспонированных ванадием. Обнаружено, что у работающих в условиях экспозиции статистически значимо ($p < 0,001$), (в среднем в 6 раз) снижена экспрессия p53 и TNFα по отношению к значениям, полученным у работающих вне контакта с ванадием.

Выводы. Установлено, что у работающих в условиях экспозиции производственными факторами иммунная дисрегуляция ассоциирована с повышенным содержанием в крови ванадия. У работников предприятия черной металлургии в условиях избыточной контаминации ванадием отмечается дисбаланс мембранных (CD4⁺CD25⁺, CD3⁺CD95⁺), внутриклеточных (p53) и межклеточных (TNFα) показателей иммунорегуляции. В процессе адаптации организма к воздействию вредных факторов производственной среды важная роль принадлежит иммунорегуляторным механизмам, изучение и оценка которых могут быть использованы для ранней идентификации дисфункции иммунной системы в целях формирования профилактики негативного влияния на здоровье, вызванного или опосредованного факторами химического характера.

Ключевые слова: работающие металлургического предприятия; ванадий; иммунная дисрегуляция.

Для цитирования: Долгих О.В., Алексеев В.Б., Дианова Д.Г., Кривцов А.В. Иммунная дисрегуляция у работников предприятия черной металлургии в условиях избыточной контаминации ванадием. *Мед. труда и пром. ecol.* 2020; 60 (5). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-5-294-298>

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

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Дата поступления: 10.03.2020 / **Дата принятия к печати:** 21.04.2020 / **Дата публикации:** 18.05.2020

Oleg V. Dolgikh^{1,2}, Vadim B. Alekseev¹, Dina G. Dianova^{1,3}, Alexander V. Krivtsov¹

Immune dysregulation in employees of the ferrous metallurgy enterprise under conditions of excessive vanadium contamination

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

²Perm National Research Polytechnic University, 29, Komsomolsky Ave., Perm, Russia, 614990;

³State Pharmaceutical Academy, 2, Polevaya str., Perm, Russia, 614081

Introduction. Chemical factors in production conditions are sources of constant danger of health disorders, including immunological ones, in employees of a ferrous metallurgy enterprise with a full cycle of ferrovanadium production.

The aim of the study was to assess the level of membrane, intracellular and intercellular immunoregulation indicators in employees of the ferrous metallurgy enterprise under conditions of excessive vanadium contamination.

Materials and methods. 77 people working in various production conditions at the metallurgical enterprise were examined, including 44 people-employees of the Ferroalloy shop and duplex shop exposed to vanadium; 33 people who do not have professional contact with vanadium (administrative staff). The technology of flow cytometry was used to study and evaluate the immunoregulation parameters of membrane — CD25+, CD95+ and intracellular — p53, as well as the method of enzyme immunoassay of intercellular — TNF α .

Results. It was found that those working on exposure to vanadium in the blood are higher than the reference values and the values established for working outside the exposure. For workers exposed to vanadium under the production conditions, the blood vanadium content is statistically significant ($p < 0.001$), 3.2 times higher than the reference level and 5.2 times higher than the values obtained for workers who do not have professional contact with vanadium. It was found that the expression of CD25+-marker and CD95+-marker was statistically significantly increased ($p < 0.001$) on average by 1.5 times compared to the values obtained in the subjects who were not exposed to vanadium. It was found that the expression of p53 and TNF α was statistically significantly reduced ($p < 0.001$) (on average by 6 times) in relation to the values obtained in those working outside of contact with vanadium.

Conclusions. It was found that immune dysregulation is associated with an increased content of vanadium in the blood of workers exposed to industrial factors. Employees of the ferrous metallurgy enterprise under conditions of excessive vanadium contamination have an imbalance of membrane (CD4+CD25+, CD3+CD95+), intracellular (p53) and intercellular (TNF α) immunoregulation indicators. In the process of adaptation of the body to the effects of harmful factors of the industrial environment, an important role belongs to immunoregulatory mechanisms, the study and evaluation of which can be used for early identification of immune system dysfunction in order to form the prevention of negative health effects caused or mediated by chemical factors.

Key words: iron and steel works; vanadium; immune dysregulation.

For citation: Dolgikh O.V., Alekseev V.B., Dianova D.G., Krivtsov A.V. Immune dysregulation in employees of the ferrous metallurgy enterprise under conditions of excessive vanadium contamination. *Med. truda i prom. ekol.* 2020; 60 (5). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-5-294-298>

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

ORCID: Dolgikh O.V. 0000-0003-4860-3145, Alekseev V.B. 0000-0001-5850-7232, Dianova D.G. 0000-0002-0170-1824, Krivtsov A.V. 0000-0001-7986-0326

Funding. The study had no funding.

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

Received: 10.03.2020 / Accepted: 21.04.2020 / Published: 18.05.2020

Введение. Существенная доля экономических потерь страны и общества вызвана профессиональными заболеваниями, обусловленными воздействием опасных и вредных факторов производственной среды [1–3]. Химические факторы в условиях производства являются источниками постоянной опасности нарушения здоровья, в том числе и иммунологического, у работников разных профессий [4–8]. Влияние на работников металлургических предприятий вредных производственных факторов может проявляться развитием профессиональных заболеваний, ростом числа хронических неинфекционных заболеваний, в развитии которых важное значение имеет иммунная дисрегуляция в условиях экспозиции [9–11]. Технология проточной цитометрии позволяет локализовать и контролировать большинство процессов в результате развития иммунного ответа [12]. Изучение параметров иммунного статуса в условиях воздействия химических факторов производственной среды дает возможность адекватно реагировать на иммунный дисбаланс, разрабатывать подходы к своевременному выявлению активности патологически измененных клеток и процессов, которые они определяют. Идентификация иммунной дисфункции у работающих при воздействии на организм вредных производственных факторов необходима с целью анализа риска для отдельных профессиональных групп, ранней диагностики иммунных нарушений и формированию мер по профилактике заболеваний, вызываемых воздействием химических факторов.

Цель исследования — оценить уровень мембранных, внутриклеточных и межклеточных показателей иммунорегуляции у работников предприятия черной металлургии в условиях избыточной контаминации ванадием.

Материалы и методы. Настоящее исследование выполнено с соблюдением этических требований Хельсинкской декларации ВМА 2000 г. и протокола Конвенции Совета

Европы о правах человека и биомедицине 1999 г. Проведенные исследования одобрены этическим комитетом ФБУН «ФНЦ МПТ УРЗН» Роспотребнадзора. Выполнено углубленное обследование 77 человек, работающих в различных производственных условиях на металлургическом предприятии, особенностью которого является наличие полного цикла выпуска феррованадия. Из всех обследованных: 44 человека — высокостажированные рабочие дуплексного цеха (металлургическое отделение, шихтовое отделение, сталеразливочный участок, участок подготовки составов) и ферросплавного цеха (химический участок, электрометаллургическое отделение, известковое отделение), экспонированные ванадием; а также 33 человека, не имеющие профессионального контакта с ванадием (административный персонал), (табл. 1).

Среди химических веществ, воздействующих на работников металлургического производства, преобладающее значение по воздействию на состояние здоровья работающих имеют пентоксид диванадия и ванадийсодержащие шлаки (пыль). Выполнена аттестация рабочих мест (ферросплавный цех, дуплексный цех) согласно Руководству Р 2.2.2006–05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда».

Химико-аналитическое исследование содержания ванадия в крови обследуемых выполнено методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой в соответствии с МУК 4.1.3230–14 на масс-спектрометре Agilent 7500cx (Agilent Technologies, USA) [13]. Установленные концентрации ванадия в крови оценивались на основании сравнительного анализа с референтным уровнем в крови (RfL) [14].

Детекция мембранных и внутриклеточных показателей иммунного статуса выполнена с помощью проточного

цитометра FACSCalibur фирмы Becton Dickinson («BD», USA). Установление уровня экспрессии мембранных CD-рецепторов CD4⁺CD25⁺ (маркер ранней активации) и CD3⁺CD95⁺ (FAS) (маркер поздней активации), на иммунокомпетентных клетках выполнен методом мембранной иммунофлюоресценции с использованием панели меченых моноклональных антител (МКАТ) к мембранным CD-рецепторам («BD», USA). Определение внутриклеточного маркера апоптоза — p53-протеина — проводилось с помощью МКАТ против белка p53, конъюгированных с PE (Phycoerythrin) Becton Coulter («BC», USA) согласно протоколу фирмы-производителя. Определение уровня экспрессии проапоптотического цитокина TNFα выполнено на иммуноферментном анализаторе Sunrise (Tecan, Austria).

Для описания данных, имеющих нормальное распределение, использованы среднее арифметическое значение (*M*), стандартная ошибка (*m*) и 95%-ный доверительный интервал для среднего (95% ДИ). Для проверки нулевых гипотез о равенстве средних значений между двумя независимыми группами с нормальным распределением применялся двухвыборочный критерий Стьюдента. Сравнение выборочных данных с референтными уровнями выполнено с использованием одновыборочного критерия Вилкоксона. Уровень значимости, на котором проводилась проверка нулевых гипотез, принимался равным 0,05. Статистический анализ данных осуществлен с помощью программы Statistica 6.0 (StatSoft, USA).

Результаты и обсуждение. По результатам выполненной аттестации рабочих мест (ферросплавный цех, дуплексный цех) установлены превышения гигиенических нормативов по содержанию в воздухе рабочей зоны: пентоксида ванадия, ванадийсодержащие шлаки (пыль), концентрации которых превышали допустимые уровни до 5,2 и 17,8 раза соответственно согласно ГН 2.2.5.1313–03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны». Согласно Руководству Р 2.2.2006–05, на 100% рабочих мест условия труда оценены как вредные (от 1 до 4 степени) [15].

Обнаружено, что у работающих в условиях вредного производства в биосредах статистически значимо ($p < 0,001$) в 3,2 раза повышено содержание ванадия по сравнению с верхней границей диапазона референтных значений и в 5,2 раза — относительно значений, полученных у неэкспонированных работающих ($p < 0,001$). У работающих в дуплексном цехе и ферросплавном цехе доля проб с повышенным уровнем ванадия относительно значений, полученных у работающих в заводоуправлении, составила 100% (табл. 2).

Анализ активационного статуса показал, что у работающих в условиях вредного производства статистически значимо ($p < 0,001$) повышено количество Т-лимфоцитов, экспрессирующих CD25⁺ — маркер (по относительной и абсолютной величине) и CD95⁺ — маркер (процентное содержание), с кратностью превышения в среднем в 1,5 раза относительно значений, полученных у работающих, не имеющих профессионального контакта с ванадием.

Таблица 1 / Table 1

Характеристика обследуемых работающих по возрасту и рабочему стажу на предприятии
Characteristics of the surveyed employees by age and work experience at the enterprise

Показатель	Неэкспонированные ванадием (<i>n</i> =33)		Экспонированные ванадием (<i>n</i> =44)	
	<i>M</i> (<i>m</i>)	95% ДИ	<i>M</i> (<i>m</i>)	95% ДИ
Возраст	41,20 (2,39)	40,00–45,67	38,73 (1,55)	35,53–41,93
Стаж	10,15 (2,00)	10,00–14,00	12,08 (1,63)	8,71–15,46

Таблица 2 / Table 2

Химический анализ биосред обследуемых работающих, *M* (*m*); 95% ДИ
Chemical analysis of the biological environment of the examined workers, *M* (*m*); 95% confidence interval (CI)

Ванадий в крови, мг/дм ³	Работающие, неэкспонированные ванадием (<i>n</i> =33)	Работающие, экспонированные ванадием (<i>n</i> =44)
Референтный уровень	0,00006–0,00087	
Среднее значение	0,00054 (0,00009); 0,00035–0,00074	0,00280 (0,00049); 0,00179–0,00381 ^{<i>p</i>¹ < 0,001; <i>p</i> < 0,001}

Примечание: ^{*p*¹} — различие с референтными значениями; ^{*p*} — различие между группами сравнения.

Note: ^{*p*¹} — difference with reference values; ^{*p*} — difference between comparison groups.

Таблица 3 / Table 3

Изменение мембранных, внутриклеточных и межклеточных показателей иммунорегуляции в зависимости от уровня контаминации крови ванадием обследуемых работающих
Changes in membrane, intracellular and intercellular immunoregulation parameters depending on the level of blood contamination with vanadium of the examined workers

Показатель	Неэкспонированные ванадием (<i>n</i> =33)		Экспонированные ванадием (<i>n</i> =44)		<i>t</i>	<i>p</i>
	<i>M</i> (<i>m</i>)	95% ДИ	<i>M</i> (<i>m</i>)	95% ДИ		
CD25 ⁺ , %	7,81 (0,39)	7,01–8,61	12,59 (0,47)	11,64–13,54	–7,43	<0,001
CD25 ⁺ , 10 ⁹ /дм ³	0,15 (0,009)	0,13–0,17	0,23 (0,009)	0,21–0,25	–5,95	<0,001
CD95 ⁺ , %	28,53 (1,37)	25,73–31,33	34,65 (1,45)	31,72–37,59	–2,92	<0,001
CD95 ⁺ , 10 ⁹ /дм ³	0,62 (0,03)	0,54–0,69	0,65 (0,03)	0,58–0,72	–0,68	0,498
p53, %	3,41 (0,29)	2,81–4,02	0,60 (0,05)	0,49–0,55	12,37	<0,001
TNFα, пг/см ³	3,31 (0,26)	2,75–3,86	0,54 (0,04)	0,44–0,63	13,43	<0,001

ем. Обнаружено, что у рабочих ферросплавного цеха и дуплексного цеха статистически значимо ($p < 0,001$) в 5,7 раза реже определяется внутриклеточный белок p53 по сравнению с результатами, установленными у работающих вне экспозиции ванадия. У работающих в условиях экспозиции производственными факторами статистически значимо ($p < 0,001$) более чем в 6 раз снижена экспрессия проапоптогического цитокина TNF α по отношению к значениям, полученным у обследуемых, работающих вне контакта с ванадием (табл. 3).

Ванадий, в зависимости от времени и интенсивности воздействия, оказывает как антиоксидантное, так и прооксидантное действие, что значительным образом модифицирует систему рецепции и внутриклеточной сигнализации [16]. Ванадий влияет на остановку клеточного цикла и ингибирует миграцию клеток, инициирует апоптоз и/или некроз [17,18]. Ответ иммунной системы человека на антиген (гаптен) любой этиологии определяется процессами пролиферации и генетически детерминированной гибелью лимфоцитов, что в итоге обеспечивает поддержание клеточного гомеостаза. Для активационного процесса в лимфоцитах характерна экспрессия мембранных активационных антигенов дифференцировочного характера. В запуске пролиферативного ответа Т-лимфоцитов ключевая роль принадлежит рецептору к IL2 (CD25⁺), посредством которого после связывания с лигандом регистрируется и проводится антигенный сигнал с мембраны в клетку. Динамика экспрессии на иммунокомпетентной клетке рецептора к IL2 характеризует степень системной адаптации организма к повышенной антигенной (гаптенной) нагрузке. Путем апоптоза происходит элиминация зрелых активированных лимфоцитов, выполнивших свою физиологическую функцию. В условиях активации происходит экспрессия позднего активационного антигена — CD95⁺ (FAS), способного после взаимодействия с лигандом (FASL) запустить апоптоз. Апоптоз лимфоцитов, реализуемый с участием системы FAS / FASL, играет важную роль в поддержании клеточного гомеостаза как в физиологических условиях, так и при развитии патологических процессов. Экспериментально установлено, что эффекты пентоксида ванадия на клетку зависят от времени и интенсивности воздействия. На NK-92MI клеточной линии показано, что V₂O₅ в диапазоне концентраций 50–100 мМ увеличивал экспрессию FAS и FASL, а при концентрации 400 мМ — вызывал повышение экспрессии CD25-антигена [19]. TNF α вызывает широкий спектр биологических реакций, включая пролиферацию клеток, дифференцировку и апоптоз в зависимости от типа клеток и уровня их дифференцировки. После связывания с рецепторами (TNFR1 или TNFR2) TNF α инициирует сигнальную трансдукцию множества путей, которые регулируют различные клеточные процессы. Выявлено, что в условиях производственной среды V₂O₅ способен изменять экспрессию TNF α и INF γ в дермальных фибробластах, индуцируя воспалительные процессы [20]. Очевидно, ванадий способен оказывать модифицирующее влияние на молекулярные, клеточные и межклеточные механизмы адаптации иммунной системы, а от функционального состояния иммунной системы, ее способности поддерживать внутренний гомеостаз зависит адаптационный потенциал организма в условиях экспозиции.

Таким образом, у работников предприятия черной металлургии с полным циклом выпуска феррованадия при ингаляционной экспозиции мелкодисперсной пыли, содержащей ванадий, в биосредах (кровь) повышено содержание ванадия в крови по сравнению с верхней границей диа-

пазона референтных значений. Установлено, что основой дисрегуляции иммунного ответа в условиях экспозиции ванадия является дисбаланс мембранных, внутриклеточных и межклеточных показателей (CD4⁺CD25⁺, CD3⁺CD95⁺, p53, TNF α). Особенностью иммунного дисбаланса при воздействии на организм ванадия в условиях производства является повышение экспрессии мембранных маркеров ранней и поздней активации клетки, характеризующих готовность лимфоцита к апоптозу, при этом отмечается снижение уровня основных проапоптогенных факторов — внутриклеточного маркера апоптоза — p53.

Выводы:

1. У работающих при воздействии на организм ванадия в условиях производства (в воздухе рабочей зоны концентрации пентоксида диванадия и ванадийсодержащих шлаков (пыль) превышали допустимые концентрации до 5,2 и 17,8 раза соответственно) содержание ванадия в крови статистически значимо ($p < 0,001$), в 3,2 раза, превышает референтный уровень и в 5,2 раза значения, полученные у работающих, не имеющих профессионального контакта с ванадием.

2. Установлено, что у работающих в условиях экспозиции ванадием статистически значимо ($p < 0,001$) — в 1,5 раза повышена экспрессия CD25⁺-маркера и CD95⁺-маркера относительно значений полученных у работающих, не имеющих профессионального контакта с ванадием. Обнаружено, что у работников в условиях экспозиции ванадием статистически значимо ($p < 0,001$) — в 6 раз снижена экспрессия p53 и TNF α по отношению к значениям, полученным у работающих вне контакта с ванадием.

3. В процессе адаптации организма к воздействию вредных факторов производственной среды важная роль принадлежит иммунорегуляторным механизмам, изучение и оценка которых могут быть использованы для раннего выявления дисфункции иммунной системы для разработки мер по профилактике негативного влияния на здоровье, вызванного или опосредованного производственными вредными химическими факторами (ванадий).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев В.Б., Зайцева Н.В., Шур П.З. Перспективы управления профессиональными рисками в условиях реформ нормативно-правовой базы. *Мед. труда и пром. экол.* 2018; 10: 39–44.
2. Беляков С.А., Баянова Е.Ю. О некоторых вопросах экономики безопасности труда в развитых странах. *Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ* 2015; 1: 14. <http://ejournal.omgau.ru/index.php/2015-god/1/16-statya/49-00001>.
3. Самарская Н.А. Состояние условий и охрана труда в современной России. *Экономика труда*. 2017; 4 (3). <https://cyberleninka.ru/article/n/sostoyanie-usloviy-i-ohrany-truda-v-sovremennoy-rossii/viewer>.
4. Park S.S.J., Jung M., Sung J.H. Influence of physical and musculoskeletal factors on occupational injuries and accidents in Korean workers based on gender and company. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2019; 16 (3): 345. DOI: 10.3390/ijerph16030345
5. Долгих О.В., Зайцева Н.В., Аликина И.Н., Отавина Е.А., Ланин Д.В. Особенности иммунного статуса и характеристика индикаторных показателей нарушения иммунологической резистентности у работников, занятых на производстве по добыче хромовых руд. *Мед. труда и пром. экол.* 2018; 10: 20–3.
6. Дианова Д.Г., Долгих О.В., Аликина И.Н., Челакова Ю.А. Анализ индикаторных показателей клеточной гибели у работающих в условиях производственной экспозиции фенолом. *Мед. труда и пром. экол.* 2018; 10: 62–4.

7. Бодяенкова Г.М., Боклаженко Е.В. Содержание висцеральных антител в зависимости от формы проявления бронхолегочной патологии у работников алюминиевой промышленности. *Физиология человека*. 2019; 2: 96–102.
8. Krstev S., Knutsson A. Occupational risk factors for prostate cancer: a meta-analysis. *JCP*. 2019; 24 (2): 91–111. DOI: 10.15430/JCP.2019.24.2.9
9. Carlsson S., Andersson T., Talbäck M., Feychting M. Incidence and prevalence of type 2 diabetes by occupation: results from all Swedish employees. *Diabetologia*. 2020; 63(1): 95–103.
10. Anderson S.E., Long C., Dotson G. S. Occupational allergy. *Eur. Med. J. (Chelms)*. 2017; 2(2): 65–71.
11. Madia F., Worth A., Whelan M., Corvi R. Carcinogenicity assessment: Addressing the challenges of cancer and chemicals in the environment. *Environ. Int.* 2019; 128: 417–29. DOI: 10.1016/j.envint.2019.04.067
12. Хайдуков С.В., Зурочка А.В. Расширение возможностей метода проточной цитометрии для клинико-иммунологической практики. *Медицинская иммунология*. 2008; 10(1): 5–12.
13. МУК 4.1.3230–14. Измерение массовой концентрации химических элементов в биосубстратах (кровь, моча) методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой: методические указания. М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России; 2014.
14. Тиц Н.М. *Клиническое руководство по лабораторным тестам*. М.: ЮНИМЕД-пресс; 2003.
15. П.2.2.2006–05. *Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда*. <http://docs.cntd.ru/document/1200040973>.
16. Gruzewska K., A. Michno, T. Pawelczyk, H. Bielarczyk. Essentiality and toxicity of vanadium supplements in health and pathology. *J. Physiol. Pharmacol.* 2014; 65(5): 603–11.
17. Kioseoglou E., Petanidis S., Gabriel G., Salifoglou A. The chemistry and biology of vanadium compounds in cancer therapeutics. *Coordination chemistry. Reviews*. 2015; 301–302: 87–105.
18. Pisano M., Arru C., Serra M., Galleri G., Sanna D., Garribba E. et al. Antiproliferative activity of vanadium compounds: effects on the major malignant melanoma molecular pathways. *Metallomics*. 2019; 11(10): 1687–99. DOI: 10.1039/c9mt00174c
19. Gallardo-Vera F., Diaz D., Tapia-Rodriguez M., Fortoul van der Goes T., Masso F., Rendon-Huerta E. et al. Vanadium pentoxide prevents NK–92MI cell proliferation and IFN γ secretion through sustained JAK3 phosphorylation. *J. of Immunotoxicology*. 2016; 13 (1): 27–37. DOI: 10.3109/1547691X.2014.996681
20. Fallahi P., Foddiss R., Elia G., Ragusa F., Patrizio A., Guglielmi G. et al. Induction of Th1 chemokine secretion in dermal fibroblasts by vanadium pentoxide. *Mol. Med. Rep.* 2018; 17(5): 6914–18. DOI: 10,3892/mmr.2018,8712
4. Park S.S.J., Jung M., Sung J.H. Influence of physical and musculoskeletal factors on occupational injuries and accidents in Korean workers based on gender and company. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2019; 16 (3): 345. DOI: 10.3390/ijerph16030345
5. Dolgikh O.V., Zaytseva N.V., Alikina I.N., Otavina E.A., Lanin D.V. Features of immune status and characteristic of indicator indicators of immunological resistance disorder in workers engaged in production of chromium ores. *Med. truda i prom. ekol.* 2018; 10: 20–3 (in Russian).
6. Dianova D.G., Dolgikh O.V., Alikina I.N., Chelakova Yu.A. Analysis of cell death indicators in phenol workers under industrial exposure conditions. *Med. truda i prom. ekol.* 2018; 10: 62–4 (in Russian).
7. Bodienkova G.M., Boklazenko E.V. Content of visceral antibodies depending on the form of bronchopulmonary pathology in aluminium industry workers. *Fiziologiya cheloveka*. 2019; 2: 96–102 (in Russian).
8. Krstev S., Knutsson A. Occupational risk factors for prostate cancer: a meta-analysis. *JCP*. 2019; 24 (2): 91–111. DOI: 10.15430/JCP.2019.24.2.9
9. Carlsson S., Andersson T., Talbäck M., Feychting M. Incidence and prevalence of type 2 diabetes by occupation: results from all Swedish employees. *Diabetologia*. 2020; 63(1): 95–103.
10. Anderson S.E., Long C., Dotson G. S. Occupational allergy. *Eur. Med. J. (Chelms)*. 2017; 2(2): 65–71.
11. Madia F., Worth A., Whelan M., Corvi R. Carcinogenicity assessment: Addressing the challenges of cancer and chemicals in the environment. *Environ. Int.* 2019; 128: 417–429. DOI: 10.1016/j.envint.2019.04.067
12. Khaydukov S.V., Zurochka A.V. Expansion of capabilities of flow cytometry method for clinical-immunological practice. *Meditinskaya immunologiya*. 2008; 10 (1): 5–12 (in Russian).
13. МУК 4.1.3230–14. Measurement of mass concentration of chemical elements in biosubstrates (blood, urine) by a mass spectrometry method with inductively connected plasma: methodical instructions. М.: Federal'nyy tsentr Gossanepidnadzora Minzdrava Rossii; 2014 (in Russian).
14. Tits N.M. *Clinical guidance on laboratory tests*. М.: ЮНИМЕД-пресс; 2003 (in Russian).
15. П.2.2.2006–05. Guide to hygienic assessment of factors of working environment and working process. Criteria and classification of working conditions. <http://docs.cntd.ru/document/1200040973> (in Russian).
16. Gruzewska K., A. Michno, T. Pawelczyk, H. Bielarczyk. Essentiality and toxicity of vanadium supplements in health and pathology. *J. Physiol. Pharmacol.* 2014; 65(5): 603–11.
17. Kioseoglou E., Petanidis S., Gabriel G., Salifoglou A. The chemistry and biology of vanadium compounds in cancer therapeutics. *Coordination chemistry. Reviews*. 2015; 301–302: 87–105.
18. Pisano M., Arru C., Serra M., Galleri G., Sanna D., Garribba E. et al. Antiproliferative activity of vanadium compounds: effects on the major malignant melanoma molecular pathways. *Metallomics*. 2019; 11(10): 1687–99. DOI: 10.1039/c9mt00174c
19. Gallardo-Vera F., Diaz D., Tapia-Rodriguez M., Fortoul van der Goes T., Masso F., Rendon-Huerta E. et al. Vanadium pentoxide prevents NK–92MI cell proliferation and IFN γ secretion through sustained JAK3 phosphorylation. *J. of Immunotoxicology*. 2016; 13:1:27–37. DOI: 10.3109/1547691X.2014.996681
20. Fallahi P., Foddiss R., Elia G., Ragusa F., Patrizio A., Guglielmi G. et al. Induction of Th1 chemokine secretion in dermal fibroblasts by vanadium pentoxide. *Mol. Med. Rep.* 2018; 17(5): 6914–8. DOI: 10,3892/mmr.2018,8712.

REFERENCES

1. Alekseev V.B., Zaytseva N.V., Shur P.Z. Prospects for professional risk management in the context of regulatory reforms. *Med. truda i prom. ekol.* 2018; 10: 39–44 (in Russian).
2. Belyakov S.A., Bayanova E.Yu. About some issues of labor safety economics in developed countries. *Elektronnyy nauchno-metodicheskiy zhurnal Omskogo GAU*. 2015;1:14. Available at: <http://ejournal.omgau.ru/index.php/2015-god/1/16-statya/49-00001> (in Russian).
3. Samarskaya N.A. State of conditions and labor protection in modern Russia. *Ekonomika truda*. 2017;4(3). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/sostoyanie-usloviy-i-ohrany-truda-v-sovremennoy-rossii/viewer> (in Russian).

DOI: <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-5-299-304>

УДК 616–089.5–036.886:331.103.1(470.57)

© Коллектив авторов, 2020

Бакиров А.Б.^{1,2}, Ильина Л.А.³, Каримова Л.К.¹, Мулдашева Н.А.¹**Экономическая оценка ущерба от внезапной смерти на рабочем месте в ведущих отраслях экономики региона**¹ФБУН «Уфимский Научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека», ул. Степана Кувькина, 94, Уфа, Республика Башкортостан, Россия, 450106;²ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России, ул. Ленина, 3, Уфа, Республика Башкортостан, Россия, 450008;³ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет», ул. К. Маркса, 12, Уфа, Республика Башкортостан, Россия, 450077

Введение. Исследования состояния здоровья работающих в различных отраслях экономики Республики Башкортостан (РБ) свидетельствуют о росте преждевременной смертности лиц трудоспособного возраста на рабочем месте от общих заболеваний. Немногочисленные работы по данной тематике посвящены определению ущерба, который наносится вследствие этого экономике в территориальном и отраслевом разрезе. Новым аспектом выполненного исследования является экономическая оценка потерь от смертей, которые носят внезапный характер, происходят на рабочем месте и квалифицируются при расследовании как несчастный случай, не связанный с производством.

Цель исследования — выполнить экономическую оценку ущерба от внезапной смерти на рабочем месте вследствие несчастных случаев на производстве со смертельным исходом от общих заболеваний в организациях ведущих отраслей экономики РБ.

Материалы и методы. Экономическая оценка ущерба от внезапной смерти на рабочем месте вследствие общих заболеваний среди работников в ведущих отраслях экономики РБ выполнена на основе данных: о среднегодовой численности занятых в экономике по видам экономической деятельности (ВЭД); валового регионального продукта в основных ценах; среднемесячной номинальной начисленной заработной плате работников организаций по ВЭД; числе пострадавших на производстве со смертельным исходом от общих заболеваний; числе рабочих лет, потерянных вследствие наступления случая преждевременной смерти работника. Ущерб в разрезе ведущих отраслей экономики региона, а также суммарная величина ущерба за 2014–2018 гг. были рассчитаны табличным способом. Обработка результатов выполнялась с использованием пакета «MS EXCEL».

Результаты. Наибольший ущерб от несчастных случаев на производстве со смертельным исходом от общих заболеваний наблюдался на предприятиях обрабатывающей отрасли. За 2017–2018 гг. сумма ущерба по показателю недопроизведенного валового регионального продукта по ведущим отраслям экономики составила 102,37 млн руб. Суммарная величина экономического ущерба за 2014–2018 гг., рассчитанная на основе среднемесячной номинальной начисленной заработной платы, по всем ВЭД составила 231,574 млн руб. Величина ущерба от несчастных случаев на производстве со смертельным исходом от общих заболеваний по данному показателю возросла с 35,233 млн руб. (2014 г.) до 63,793 млн руб. (2018 г.), то есть в 1,8 раза.

Выводы. Для снижения величины экономического ущерба и предотвращения трудопотерь наибольшим эффектом обладают меры по предупреждению внезапной смертности от общих заболеваний на рабочем месте, прежде всего на предприятиях с высоким значением этого показателя. Полученные данные могут использоваться при планировании инвестиций в программы профилактики по предупреждению и снижению риска внезапной смерти от общих заболеваний на рабочем месте.

Ключевые слова: экономическая оценка ущерба; внезапная смерть на рабочем месте; ведущие отрасли экономики; регион
Для цитирования: Бакиров А.Б., Ильина Л.А., Каримова Л.К., Мулдашева Н.А. Экономическая оценка ущерба от внезапной смерти на рабочем месте в ведущих отраслях экономики региона. *Мед. труда и пром. экол.* 2020; 60 (5). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-5-299-304>

Для корреспонденции: Ильина Луиза Асхатовна, ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет», доц. каф. Финансов, денежного обращения и экономической безопасности, канд. эконом. наук, доц. E-mail: list@ufanet.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Дата поступления: 01.04.2020 / Дата принятия к печати: 20.04.2020 / Дата публикации: 18.05.2020

Akhat B. Bakirov^{1,2}, Luiza A. Ilyina³, Liliya K. Karimova¹, Nadezhda A. Muldasheva¹**Economic assessment of the damage caused by sudden death in the workplace in the leading sectors of the region's economy**¹Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, 94, Stepana Kuvykina St., Ufa, Bashkortostan, Russia, 450106;²Bashkir State Medical University, 3, Lenina St., Ufa, Bashkortostan, Russia, 450008;³Ufa State Aviation Technical University, 12, K. Marx str., Ufa, Bashkortostan, Russia, 450077

Introduction. Research on the health status of workers in various sectors of the economy of the Republic of Bashkortostan (RB) shows an increase in premature mortality of people of working age in the workplace from general diseases. A few works on this topic are devoted to determining the damage that this causes to the economy in territorial and sectoral terms. A new

aspect of the study is the economic assessment of losses from deaths that are sudden in nature, occur in the workplace, and are classified in the investigation as an accident not related to production.

The aim of the study is to perform an economic assessment of the damage caused by sudden death in the workplace due to industrial accidents with a fatal outcome from general diseases in organizations of the leading sectors of the economy of the RB.

Materials and methods. The economic assessment of the damage caused by sudden death in the workplace due to total diseases among employees in the leading sectors of the economy of the RB is based on the following data: the average annual number of employees in the economy by type of economic activity (TEA); gross regional product in basic prices; the average monthly nominal accrued wages of employees of foreign trade organizations; the number of fatalities in the workplace due to total diseases; the number of working years lost due to the occurrence of an employee's premature death. Damage in the context of the leading sectors of the region's economy, as well as the total amount of damage for 2014–2018 were calculated in a tabular way. The results were processed using the MS Excel package.

Results. The greatest damage from industrial accidents with fatal results from total diseases was observed in the manufacturing industry. For 2017–2018, the amount of damage in terms of under-produced gross regional product in the leading sectors of the economy amounted to 102.37 million rubles. The total amount of economic damage for 2014–2018, calculated on the basis of the average monthly nominal accrued wages, for all foreign trade activities amounted to 231.574 million rubles. According to this indicator, the amount of damage from industrial accidents with a fatal outcome from total diseases increased from 35.233 million rubles (2014) to 63.793 million rubles (2018), i.e. by 1.8 times.

Conclusions. *To reduce the amount of economic damage and prevent labor losses, measures to prevent sudden deaths from total diseases in the workplace, especially in enterprises with a high value of this indicator, have the greatest effect. The data obtained can be used in planning investments in prevention programs to prevent and reduce the risk of sudden death from general diseases in the workplace.*

Keywords: *economic assessment of damage; sudden death in the workplace; leading sectors of the economy; region*

For citation: Bakirov A.B., Il'ina L.A., Karimova L.K., Muldasheva N.A. Economic assessment of the damage caused by sudden death in the workplace in the leading sectors of the region's economy. *Med. truda i prom. ekol.* 2020; 60 (5). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-5-299-304>

For correspondence: Luisa A. Il'ina, associate professor of finance, monetary circulation and economic security department of Ufa State Aviation Technical University, Cand. of Sci. (Econ.), E-mail: list@ufanet.ru

ORCID: Bakirov A.B. 0000-0001-6593-2704, Ilyina L.A. 0000-0002-6481-0534, Karimova L.K. 0000-0002-9859-8260, Muldasheva N.A. 0000-0002-3518-3519

Funding. The study had no funding.

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

Received: 01.04.2020 / Accepted: 20.04.2020 / Published: 18.05.2020

Введение. Наиболее значимым проявлением неблагополучия в состоянии общественного здоровья и одной из серьезных проблем в современном демографическом развитии Российской Федерации и большинства ее регионов является высокий уровень смертности населения. Преждевременная смертность вследствие общих заболеваний на рабочем месте вносит существенный вклад в снижение численности занятого населения в наиболее активных трудоспособных возрастах.

При том, что ежегодно в мире погибает на рабочем месте до 2,8 млн человек, только 15% смертей связаны с несчастными случаями, признанными при расследовании как связанные с производством, а большая их часть — около 85% — происходит из-за проблем со здоровьем у работников [1].

Согласно разработанной Минздравом России «Стратегии формирования здорового образа жизни населения, профилактики и контроля неинфекционных заболеваний на период до 2025 года» совокупный экономический ущерб из-за преждевременной смертности, инвалидности и временной нетрудоспособности в России составляет около 3,6 трлн рублей, что эквивалентно 4,2% ВВП, причем большая его часть обусловлена трудопотерями и сокращением рабочей силы именно вследствие преждевременной смертности [2].

Показатели смертности населения трудоспособного возраста на территории России очень разнятся в силу природно-климатических и социально-экономических отличий, однако на мужское население приходилось свыше 90% случаев. Так, по доле умерших в трудоспособном возрасте худшие показатели в Приволжском федеральном округе в

последнее время демонстрировали Башкортостан (24,7%), Пермский край (24,3%) и Удмуртия (24,1%) [3,4].

Часть смертей носит внезапный характер, происходит на рабочем месте и квалифицируется при расследовании как несчастный случай, не связанный с производством.

Несчастливым случаем, не связанным с производством, принято считать (ст. 229.2 ТК РФ, п. 23 Положения об особенностях расследования несчастных случаев на производствах в отдельных отраслях и организациях), в частности смерть вследствие общего заболевания, которая подтверждена в установленном порядке учреждением здравоохранения и следственными органами [5,6].

Внезапная смерть на рабочем месте от несчастных случаев на производстве вследствие общих заболеваний работников в трудоспособном возрасте — глобальная проблема большинства регионов и стран мира, так как показатели этого явления тесно связаны с экономическими и социальными потерями для общества в целом, работодателей и отдельной семьи. Немногочисленные исследования по данной тематике ставят своей задачей определение ущерба, который наносится экономике вследствие преждевременной смертности работников как в территориальном, так и отраслевом разрезе [7,8].

Цель исследования — выполнить экономическую оценку ущерба от внезапной смерти на рабочем месте вследствие несчастных случаев на производстве со смертельным исходом от общих заболеваний в организациях ведущих отраслей экономики Республики Башкортостан (РБ).

Материалы и методы. Экономическая оценка ущерба от внезапной смерти на рабочем месте вследствие общих

заболеваний среди работников в ведущих отраслях экономики РБ включала следующие этапы:

- расчет удельного показателя валового регионального продукта, приходящегося на одного работника на основе среднесписочной численности работников организаций по данным Фонда социального страхования Российской Федерации по Республике Башкортостан (ФСС);
- расчет удельного показателя валового регионального продукта (ВРП), приходящегося на одного работника, на основе среднегодовой численности занятых в экономике по данным территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Республике Башкортостан (Башстат);
- расчет величины ущерба от несчастных случаев на производстве со смертельным исходом от общих заболеваний по показателю удельного ВРП на основе данных ФСС;
- расчет величины ущерба от несчастных случаев на производстве со смертельным исходом от общих заболеваний по показателю удельного ВРП на основе данных Башстата.
- расчет величины ущерба от несчастных случаев на производстве со смертельным исходом от общих заболеваний на основе среднемесячной номинальной начисленной заработной платы и числа месяцев, потерянных в результате 1 случая преждевременной смерти за период нежизни до выхода из трудоспособного возраста, по отдельным ВЭД.

Экономическая оценка ущерба (упущенной выгоды) вследствие несчастных случаев на производстве со смертельным исходом от общих заболеваний проводилась в разрезе ведущих отраслей экономики РБ с использованием полученных результатов настоящего исследования;

данных ФСС (среднесписочная численность работников организаций в соответствии с Указаниями по заполнению форм статистического наблюдения № П-4 «Сведения о численности, заработной плате и движении работников»); Башстата (среднегодовая численность занятых в экономике по видам экономической деятельности; ВРП в основных ценах; среднемесячная номинальная начисленная заработная плата работников организаций по видам экономической деятельности; структуры валовой добавленной стоимости по хозяйственным видам деятельности в процентах к итогу).

Источниками информации для экономических расчетов послужили данные ФСС, Башстата, статистические материалы Государственной инспекции труда в Республике Башкортостан. Расчеты проведены в соответствии с «Методологией расчета экономических потерь от смертности, заболеваемости и инвалидизации населения» (Утверждена приказом Минэкономразвития России, Минздравсоцразвития России, Минфина России, Росстата от 10 апреля 2012 г. № 192/323н/45н/113), Приложением к методике расчета показателя «Смертность населения в трудоспособном возрасте, на 100 тыс. населения», утвержденной приказом Росстата № 184 от 29 марта 2019 г. [9,10].

На региональном уровне макроэкономическая оценка стоимости недопроизведенного ВРП по отдельным видам экономической деятельности вследствие внезапной смерти на рабочем месте работников трудоспособного возраста (в годовом исчислении) была получена табличным способом. Для удобства оценки ущерба были предварительно рассчитаны удельные (среднедушевые) экономические показатели с использованием данных ФСС и Башстата.

Статистическая обработка результатов выполнялась с использованием пакета анализа «MS Excel».

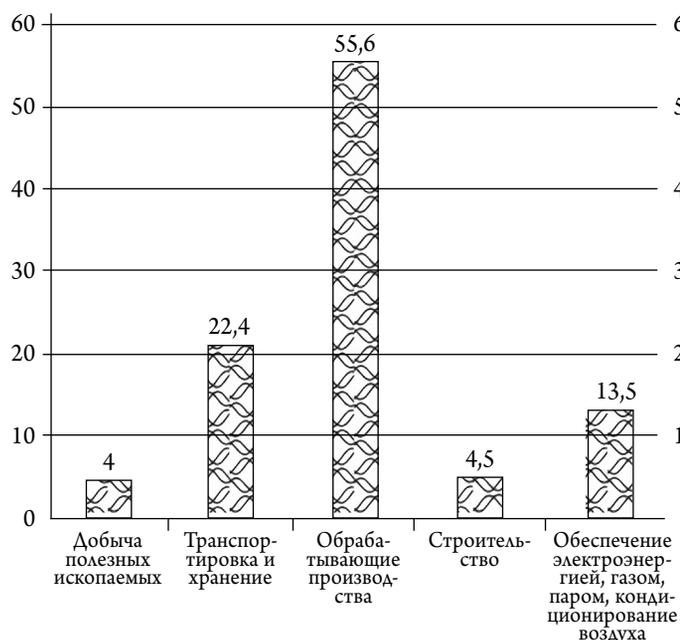


Рис. 1. Структура ущерба от несчастных случаев на производстве со смертельным исходом от общих заболеваний на основе показателя ВРП по ведущим отраслям экономики в 2017 г. (%)

Fig. 1. Structure of damage from industrial accidents with a fatal outcome from common diseases based on the GRP indicator for the leading sectors of the economy in 2017 (%)

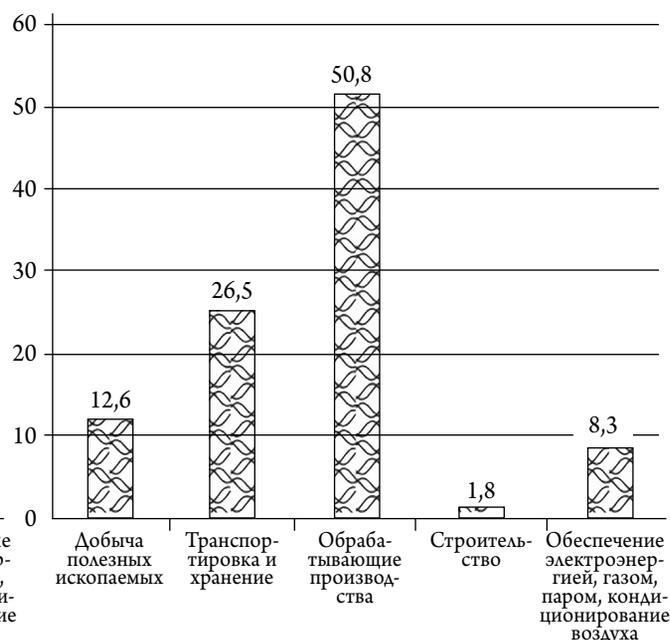


Рис. 2. Структура ущерба от несчастных случаев на производстве со смертельным исходом от общих заболеваний на основе показателя ВРП по ведущим отраслям экономики в 2018 г. (%)

Fig. 2. Structure of damage from industrial accidents with a fatal outcome from common diseases based on the GRP indicator for the leading sectors of the economy in 2018 (%)

Результаты и обсуждение. Используемые при расчетах статистические показатели о среднегодовой численности занятых в экономике РБ по данным Башстата и среднесписочная численность работников организаций по данным ФСС (ОКВЭД2) значительно отличались в сторону увеличения первого источника (Раздел «Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство» — в 3–5 раз; Раздел «Строительство» — в 1,5–2 раза; Раздел «Транспортировка и хранение» — в 2 раза). По другим видам экономической деятельности отклонения лежали в диапазоне 10–25%.

В силу указанного обстоятельства ряд расчетов был проведен с использованием сведений из обоих источников.

Полученные результаты показали, что при использовании указанных источников информации наибольший ущерб от несчастных случаев на производстве со смертельным исходом от общих заболеваний наблюдался на предприятиях обрабатывающей отрасли (по ФСС — 17,28 млн руб., по Башстату — 13,77 млн руб. в 2017 г.; по ФСС — 36,21 млн руб., по Башстату — 28,39 млн руб. в 2018 г.).

На втором месте по величине ущерба находился вид экономической деятельности «Транспортировка и хранение» (по ФСС — 6,96 млн руб., по Башстату — 4,24 млн руб. в 2017 г.; по ФСС — 18,90 млн руб., по Башстату — 10,80 млн руб. в 2018 г.).

Структура ущерба от несчастных случаев на производстве со смертельным исходом от общих заболеваний на основе показателя ВРП по ведущим отраслям экономики РБ представлена на рисунках 1 и 2.

Суммарная величина ущерба составила по ФСС — 31,08 млн руб., по Башстату — 23,27 млн руб. в 2017 г.; по ФСС — 71,29 млн руб., по Башстату — 46,79 млн руб. в 2018 г.

За указанный период 2017–2018 гг. общая сумма ущерба по показателю ВРП составила: 102,37 млн руб. на основе данных ФСС; 70,06 млн руб. на основе данных Башстата.

Приведенная (скорректированная на рост ВРП) величина ущерба определяется с учетом динамики роста ВРП по годам. При росте показателя подушевого ВРП в 2018 г. по сравнению с 2017 г. на 8,7% величина ущерба от несчастных случаев на производстве со смертельным исходом от общих заболеваний выросла по показателям ФСС с 31,08 млн руб. до 71,29 млн руб., т. е. в 2,3 раза (230%). Приведенная с учетом роста показателя подушевого ВРП величина ущерба в 2018 г. составила 65,57 млн рублей, рост — 211%.

Необходимо отметить, что реализация данного подхода требует наличия полной статистической базы по всем показателям, используемым в расчетах, в разрезе конкретного года.

Другой подход при определении экономического ущерба от несчастных случаев на производстве со смертельным исходом вследствие общих заболеваний основан на учете числа рабочих лет, потерянных вследствие наступления случая преждевременной смерти работника.

В результате выполненных исследований было установлено, что наибольшая частота внезапной смерти как среди мужчин, так и женщин наблюдалась в возрастном диапазоне 55–59 лет. Среднее интервальное (вероятностное) значение потерянных рабочих лет в результате 1 случая преждевременной смерти соответственно составило 2,5 года, или 30 месяцев.

В таблице приведены данные расчета ущерба от несчастных случаев на производстве со смертельным исходом от общих заболеваний на основе среднемесячной номинальной начисленной заработной платы по отдельным ВЭД и числа потерянных вследствие наступления случая

Таблица / Table

Расчет ущерба от несчастных случаев на производстве со смертельным исходом от общих заболеваний с учетом среднемесячной номинальной начисленной заработной платы по отдельным ВЭД и числа потерянных вследствие наступления случая преждевременной смерти работника рабочих месяцев, по данным 2018 г.
Calculation of damage from accidents at work with a fatal outcome from general diseases, taking into account the average monthly nominal accrued salary for individual foreign economic activities and the number of working months lost due to the occurrence of a case of premature death of an employee, according to 2018 data

ВЭД	Число потерянных раб. месяцев, в результате 1 случая преждевременной смерти (мес./чел.)	Число пострадавших на производстве со смертельным исходом от общих заболеваний (чел.)	Стоимость недопроизведенной ЧП на 1 случай преждевременной смерти (тыс. руб. /мес.)	Экономический ущерб (тыс. руб.)
Раздел А. Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство	30	3	18,344	1650,96
Раздел В. Добыча полезных ископаемых	30	–	58,628	–
Раздел С. Обрабатывающие производства	30	17	36,527	18628,77
Раздел Д. Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха	30	5	41,682	6252,30
Раздел Е. Строительство	30	1	26,526	795,78
Раздел Н. Транспортировка и хранение	30	10	37,814	11344,20
Всего по выделенным отраслям	–	–	–	38672,01

преждевременной смерти работника рабочих месяцев на 2018 г.

Величина ущерба от несчастных случаев на производстве со смертельным исходом от общих заболеваний, рассчитанная на основе потерь вновь созданного (чистого) продукта (ЧП) как эквивалента среднемесячной номинальной начисленной заработной платы, также демонстрирует выявленную ранее тенденцию.

Наибольший ущерб от внезапной смерти на производстве от общих заболеваний наблюдается на предприятиях обрабатывающей отрасли: 18,63 млн руб. — в 2018 г.; 9,71 млн руб. в 2017 г.

Затем следуют показатели отрасли «Транспортировка и хранение»: 11,34 млн руб. — в 2018 г.; 4,16 млн руб. в 2017 г.

Общая сумма ущерба, рассчитанная по данной методике, составила в 2017 г. — 20,884 млн руб.; в 2018 г. — 38,672 млн руб.

Сочетанные значения показателя экономического ущерба от внезапной смерти на производстве от общих заболеваний по статистике смертности за 2014–2018 гг. по упущенной выгоде — недопроизведенного ЧП (среднемесячной номинальной начисленной заработной плате работников) представлены на рисунке 3.

Суммарная величина экономического ущерба за пять лет составила 231,574 млн руб. В целом величина ущерба от несчастных случаев на производстве со смертельным исходом от общих заболеваний по данному показателю возросла с 35,233 млн руб. (2014 г.) до 63,793 млн руб. (2018 г.), то есть в 1,8 раза.

Показатели темпа роста среднемесячной номинальной начисленной заработной платы за рассмотренные 5 лет (1,35 раза) и темпа роста количества пострадавших от несчастных случаев на производстве со смертельным исходом от общих заболеваний (1,34 раза) позволяют исключить влияние разнонаправленности изменения данных показателей.

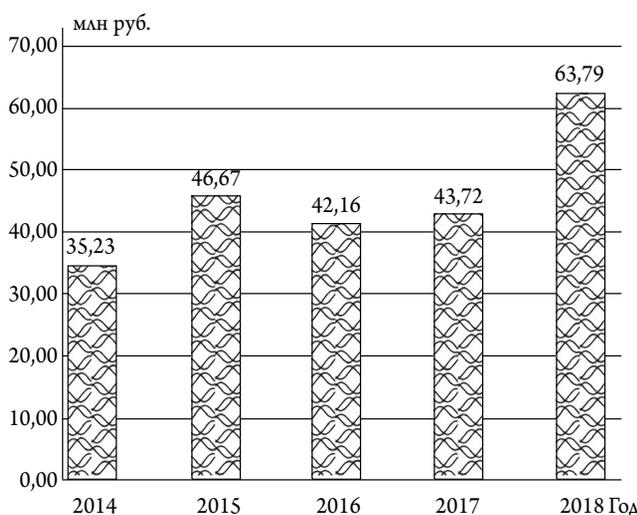


Рис. 3. Величина ущерба от несчастных случаев на производстве со смертельным исходом от общих заболеваний на основе среднемесячной номинальной начисленной заработной платы по всем ВЭД в 2014–2018 гг.

Fig. 3. The amount of damage from industrial accidents with a fatal outcome from common diseases based on the average monthly nominal accrued salary for all foreign economic activities in 2014–2018

Поэтому основным фактором, влияющим на величину ущерба, являются число потерянных вследствие наступления случая преждевременной смерти работника рабочих лет (месяцев) и абсолютное значение числа пострадавших.

За период 2017–2018 гг. общая сумма ущерба по показателю ВРП по ведущим отраслям экономики составила: 102,37 млн руб. на основе данных ФСС; 70,06 млн руб. на основе данных Башстата. Общая сумма ущерба по ведущим отраслям, рассчитанная по методике, учитывающей потери вновь созданной стоимости (чистой продукции) через эквивалент цены труда — заработную плату, составила за 2017–2018 гг. — 59,6 млн руб.

Наибольшие значения ущерба от несчастных случаев на производстве со смертельным исходом от общих заболеваний по показателю ВРП на основе данных ФСС наблюдались за 2017–2018 гг. на предприятиях обрабатывающей отрасли — 53,49 млн руб. и в организациях вида экономической деятельности «Транспортировка и хранение» — 25,86 млн руб.

Суммарная величина сочетанного показателя экономического ущерба от внезапной смерти на производстве от общих заболеваний по показателю ЧП (среднемесячной номинальной начисленной заработной плате работников) с учетом статистики смертности по всем ВЭД за 2017–2018 гг. составила 107,51 млн руб. Полученное значение оказалось наиболее близким к величине суммы ущерба по показателю ВРП по ведущим отраслям экономики за тот же период на основе данных ФСС — 102,37 млн руб. (отклонение в пределах 5%).

Выводы:

1. Выполненная комплексная оценка потерь от несчастных случаев на производстве со смертельным исходом вследствие общих заболеваний в ведущих отраслях экономики региона и по всем видам экономической деятельности за 2014–2018 гг. по значению показателя экономического ущерба по упущенной выгоде — недопроизведенного чистого продукта (среднемесячной номинальной начисленной заработной плате работников) показала устойчивую динамику роста за указанный период с 35,233 млн руб. в 2014 г. до 63,793 млн руб. в 2018 г., то есть в 1,8 раза.

2. За 2017–2018 гг. общая сумма ущерба в ведущих отраслях экономики региона по всем видам экономической деятельности по показателю ВРП составила: 102,37 млн руб. на основе данных ФСС; 70,06 млн руб. на основе данных Башстата.

3. Выявлены отрасли, в которых наблюдались наибольшие значения потерь. На предприятиях обрабатывающей отрасли приходилось от 50,8 до 55,6%, по транспортировке и хранению — от 22,4 до 26,5% от суммы экономического ущерба за соответствующий период. Так, по показателю ВРП при использовании данных из обоих источников информации наибольший ущерб от несчастных случаев на производстве со смертельным исходом от общих заболеваний наблюдался на предприятиях обрабатывающей отрасли (по ФСС — 17,28 млн руб., по Башстату — 13,77 млн руб. в 2017 г.; по ФСС — 36,21 млн руб., по Башстату — 28,39 млн руб. в 2018 г.).

4. Для снижения величины экономического ущерба и предотвращения трудопотерь от преждевременной смертности в трудоспособном возрасте наибольшим эффектом обладают меры по предупреждению и снижению внезапной смертности от общих заболеваний на рабочем месте, прежде всего на предприятиях, где были зарегистрированы самые высокие значения этого показателя.

5. Показатели экономического ущерба, полученные в исследовании, могут быть использованы для планирования

размеров инвестиций в программы профилактики по предупреждению и снижению риска внезапной смерти от общих заболеваний на рабочем месте.

6. Целесообразен мониторинг экономического бремени от несчастных случаев на производстве со смертельным исходом от общих заболеваний в будущем, что позволит оценивать динамику экономических потерь и эффективность инвестиций в первичную и вторичную профилактику внезапной смерти на рабочем месте.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ВНОТ Итоги. В Сочи прошла Всероссийская неделя охраны труда. <https://getsiz.ru/v-sochi-proshla-vserossijskaya-nedelya-ohrany-truda.html>.

2. Стратегия формирования здорового образа жизни населения, профилактики и контроля неинфекционных заболеваний на период до 2025 года. Утверждена Приказом Министерства здравоохранения РФ от 15.01.2020 №8. http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_344362/

3. Республика Башкортостан. Демографический доклад. Выпуск 3. Под общей редакцией Г.Ф. Хилажевой, Н.К. Шамсутдиновой. Уфа: Башк. энцикл.; 2018 (ISBN 978-5-88185-425-6).

4. Измеров Н.Ф., Тихонова Г.И., Горчакова Т.Ю., Чуранова А.Н., Брылева М.С., Крутко А.А., Пиктушанская Т.Е. Региональные особенности смертности мужского населения трудоспособного возраста. Актуальные проблемы медицины труда: Сборник трудов института. Под редакцией члена-корреспондента РАН И.В. Бухтиярова. Саратов: ООО «Амирит». 2018: 580–91 (ISBN 978-5-907035-94-2) DOI: 10.31089/978-5-907035-94-2-2018-1-580-591

5. Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 № 197-ФЗ.

6. Постановление Минтруда России от 24.10.2002 № 73 (ред. от 14.11.2016) «Об утверждении форм документов, необходимых для расследования и учета несчастных случаев на производстве, и положения об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях».

7. Козлова О.А., Нифантова Р.В., Макарова М.Н. Методические вопросы оценки экономического ущерба от смертности населения, занятого в экономике региона. *Экономика региона*. 2017; 13(2): 511–23. DOI: 10.17059/2017-2-16

8. Шеломенцев А.Г., Малинина Е.С. Подходы к экономической оценке потерь здоровья населения. Азимут научных исследований: экономика и управление. <https://cyberleninka.ru/article/n/podhody-k-ekonomicheskoy-otsenke-poter-zdorovya-naseleniya>

9. Методология расчета экономических потерь от смертности, заболеваемости и инвалидизации населения. Утверждена приказом Минэкономразвития России Минздравсоцразвития России Минфина России Росстата от 10 апреля 2012 г. № 192/323н/45н/113.

10. Приложение к методике расчета показателя «Смертность населения в трудоспособном возрасте, на 100 тыс. населения», утвержденной приказом Росстата № 184 от 29 марта 2019 г.

REFERENCES

1. All-Russian Labor Protection Week. The results. The All-Russian Labor Protection Week was held in Sochi. <https://getsiz.ru/v-sochi-proshla-vserossijskaya-nedelya-ohrany-truda.html>

2. The strategy of forming a healthy lifestyle, prevention and control of noncommunicable diseases for the period up to 2025. Approved by the Order of the Ministry of Health of the Russian Federation of 01.15.2020. №8. http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_344362/

3. Republic of Bashkortostan. Demographic report. Issue 3 / edited by G. F. Khilazheva, N. K. Shamsutdinova. Ufa: Bash. Encycl.; 2018. (ISBN 978–5–88185–425–6).

4. Izmerov N.F., Tikhonova G.I., Gorchakova T.Yu., Churanova A.N., Brylyova M.S., Krutko A.A., Piktushanskaya T.E. *Regional features of mortality of the male working-age population. Actual problems of occupational medicine: Proceedings of the Institute*. Edited by Corresponding Member of the RAS I.V. Bukhtiyarov. Saratov: Amirit LLC, 2018; 580–591 (ISBN 978-5-907035-94-2). DOI: 10.31089/978-5-907035-94-2-2018-1-580-591.

5. The Labor Code of the Russian Federation “dated December 30, 2001 № 197-ФЗ.

6. Decree of the Ministry of Labor of Russia dated October 24, 2002 N 73 (as amended on November 14, 2016) “On the approval of the forms of documents required for the investigation and registration of industrial accidents, and the provision on the features of the investigation of industrial accidents in individual industries and organizations”.

7. Kozlova O.A., Nifantova R.V., Makarova M.N. Methodological issues of assessing the economic damage from mortality of the population employed in the economy of the region. *Ekonomika regiona*. 2017; 13(2): 511–23. DOI: 10.17059/2017-2-16

8. Shelomentsev A. G., Malinina E. S. Approaches to the economic assessment of population health losses. *Azimuth of scientific research: economics and management*. <https://cyberleninka.ru/article/n/podhody-k-ekonomicheskoy-otsenke-poter-zdorovya-naseleniya>

9. Methodology calculation of economic losses from mortality, morbidity and disability of the population. «Approved by order of the Ministry of Economic Development of Russia of the Ministry of Health and Social Development of the Russian Ministry of Finance of the Federal State Statistics Service dated April 10, 2012 No. 192/323н/45н/113.

10. Attachment to the methodology for calculating the indicator “Mortality of the working-age population, per 100 thousand people”, approved by the order of Rosstat No. 184 of March 29; 2019.

DOI: <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-5-305-310>

УДК 616:[613+613.6]+614.254

© Коллектив авторов, 2020

Ларина В.Н.¹, Глибко К.В.², Аракелов С.Э.², Касаева Д.А.²**Поведенческие факторы риска, медицинская информированность и приверженность лечению медицинских работников многопрофильной городской клинической больницы**¹ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский Университет имени Н.И. Пирогова» Минздрава России, ул. Островитянова, 1, Москва, Россия, 117997;²ГБУЗ «Городская клиническая больница №13 Департамента здравоохранения Москвы», ул. Велозаводская, 1/1, Москва, Россия, 115280

Введение. Формирование и распространенность хронических заболеваний связаны с особенностями образа жизни и факторами риска. Ведущее место в профилактике хронических заболеваний отводится мероприятиям, направленным на формирование здорового образа жизни (ЗОЖ). Активная пропаганда ЗОЖ среди населения, своевременное выявление, коррекция и контроль факторов риска могут значительно снизить частоту новых случаев хронических неинфекционных заболеваний (ХНИЗ) и их осложнений. На компоненты профилактики влияют особенности и условия жизни населения, а также вид профессиональной деятельности.

Цель исследования — оценка встречаемости поведенческих факторов риска, медицинской информированности и приверженности лечению у медицинских работников городской клинической больницы (ГКБ).

Материалы и методы. В открытое одномоментное сравнительное не рандомизированное исследование включены 208 медицинских работников в возрасте 56 (41; 64) лет (82 врача и 126 работников среднего медицинского персонала). Группу сравнения составили 127 человек в возрасте 52 (43; 61) лет, не имевших профессию медицинского профиля. Проводились физикальный осмотр, оценка анамнеза, поведенческих факторов риска, приверженности лечению с помощью «Анкеты оценки факторов риска ХНИЗ у сотрудников ГКБ», разработанной для анкетирования.

Результаты. Курили 56 (26,9%) медицинских сотрудников и 29 (22,8%) человек группы сравнения, употребляют алкоголь 98 (47,1%) медработников и 70 (55,1%) человек группы сравнения. Ожирение (23,6%) преваляло среди медицинских работников по сравнению с участниками группы сравнения (7,9%), $p < 0,001$. Ежедневно более 300 г овощей и фруктов употребляют 92 (44,2%) медработников и 59 (46,4%) человек группы сравнения, досаливают пищу 68 (32,7%) медработников и 47 (37%) человек группы сравнения. Активный образ жизни вели 110 (52,8%) медработников и 88 (69,3%) человек группы сравнения. Низкая приверженность лечению отмечена у 162 (77,9%) медицинских работников и у 102 (80,3%) лиц группы сравнения. Факторами, ассоциируемыми с высокой медицинской информированностью, оказались наличие семьи у медработника (ОШ 3,22, 95% ДИ; 1,78–5,81; $p = 0,001$) и высокая приверженность лечению (ОШ 3,19, 95% ДИ; 1,52–6,71; $p = 0,002$); факторами, повышающими приверженность лечению, — женский пол (ОШ 3,24, 95% ДИ; 1,18–8,85; $p = 0,022$), ведение активного образа жизни (ОШ 3,69, 95% ДИ; 1,75–7,77; $p = 0,001$), наличие семьи (ОШ 2,29, 95% ДИ; 1,18–4,46; $p = 0,015$) и молодой возраст (ОШ 2,37, 95% ДИ; 1,06–5,28; $p = 0,035$).

Заключение. Среди медицинских работников ГКБ отмечена высокая распространенность поведенческих факторов риска, низкая медицинская информированность и приверженность лечению, что требует необходимости коррекции данных факторов.

Ключевые слова: медицинские работники; факторы риска; поведенческие факторы риска; медицинская информированность; приверженность лечению; образ жизни

Для цитирования: Ларина В.Н., Глибко К.В., Аракелов С.Э., Касаева Д.А. Поведенческие факторы риска, медицинская информированность и приверженность лечению медицинских работников многопрофильной городской клинической больницы. *Мед. труда и пром. экол.* 2020; 60 (5). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-5-305-310>

Для корреспонденции: Ларина Вера Николаевна, зав. каф. поликлинической терапии ЛФ ФГАОУ «РНИМУ им. Н. И. Пирогова», д-р мед. наук, проф. E-mail: larinav@mail.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Дата поступления: 05.02.2020 / Дата принятия к печати: 19.02.2020 / Дата публикации: 18.05.2020

Vera N. Larina¹, Kirill V. Glibko², Sergey E. Arakelov², Diana A. Kasaeva²**Behavioral risk factors, medical awareness and adherence to treatment of medical workers of a multidisciplinary city clinical hospital**¹Pirogov Russian National Research Medical University, 1, Ostrovityanova str., Moscow, Russia, 117997;²City Clinical Hospital No. 13 of the Moscow Department of Health, 1/1, Velozavodskaya str., Moscow, Russia, 115280

Introduction. The formation and prevalence of chronic diseases are associated with lifestyle characteristics and risk factors. The leading place in the prevention of chronic diseases is given to measures aimed at the formation of a healthy lifestyle (HLS). Active promotion of healthy lifestyle among the population, timely detection, correction and control of risk factors can significantly reduce the frequency of new cases of chronic non-communicable diseases (CNCD) and their complications. The components of prevention are influenced by the characteristics and conditions of life of the population, as well as the type of professional activity.

The aim of the study is to assess the occurrence of behavioral risk factors, medical awareness and treatment adherence in medical workers of the city clinical hospital (CCH).

Materials and methods. The open, single-stage, comparative, non-randomized study included 208 medical professionals aged 56 (41; 64) years (82 doctors and 126 nurses). The comparison group consisted of 127 people aged 52 (43; 61) years who did not have a medical profession. Physical examination, assessment of anamnesis, behavioral risk factors, and treatment adherence were performed using the “Questionnaire for assessing risk factors for CNCD in CCH employees”, developed for the questionnaire. **Results.** 56 (26.9%) medical staff and 29 (22.8%) people in the comparison group smoked, 98 (47.1%) medical staff and 70 (55.1%) people in the comparison group drink alcohol. Obesity (23.6%) prevailed among medical professionals compared to participants in the comparison group (7.9%), $p < 0.001$. Every day, more than 300 g of vegetables and fruits are consumed by 92 (44.2%) health workers and 59 (46.4%) people in the comparison group, 68 (32.7%) health workers and 47 (37%) people in the comparison group add salt to their food. 110 (52.8%) health workers and 88 (69.3%) people in the comparison group led an active lifestyle. Low adherence to treatment was observed in 162 (77.9%) medical professionals and 102 (80.3%) people in the comparison group. Factors associated with high medical awareness were the presence of a family in the health worker (OR 3.22, 95% CI; 1.78–5.81; $p = 0.001$) and high adherence to treatment (OR 3.19, 95% CI; 1.52–6.71; $p = 0.002$); factors that increase adherence to treatment — female gender (OR 3.24, 95% CI; 1.18–8.85; $p = 0.022$), active lifestyle (OR 3.69, 95% CI; 1.75–7.77; $p = 0.001$), family (or 2.29, 95% CI; 1.18–4.46; $p = 0.015$) and young age (OR 2.37, 95% CI; 1.06–5.28; $p = 0.035$). **Conclusions.** There is a high prevalence of behavioral risk factors, low medical awareness and adherence to treatment among the medical staff of the CCH, which requires the need to correct these factors.

Keywords: medical professionals; risk factors; behavioral risk factors; medical awareness; treatment adherence; lifestyle

For citation: Larina V.N., Glibko K.V., Arakelov S.E., Kasayeva D.A. Behavioral risk factors, medical awareness and adherence to treatment of medical workers of a multidisciplinary city clinical hospital. *Med. truda i prom. ekol.* 2020; 60 (5). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-5-305-310>

For correspondence: Vera N. Larina, Head of the Department of polyclinic therapy of Pirogov State Medical University, Dr. of Sci. (Med.), professor. E-mail: larinav@mail.ru

ORCID: Larina V.N. 0000-0001-7825-5597, Glibko K.V. 0000-0001-7331-2791, Arakelov S.E. 0000-0003-3911-8543

Funding. The study had no funding.

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

Received: 05.02.2020 / Accepted: 19.02.2020 / Published: 18.05.2020

Введение. Формирование и распространенность хронических заболеваний связаны с особенностями образа жизни и факторами риска, а их изменение способствует снижению заболеваемости и смертности.

Ведущее место в профилактике хронических заболеваний отводится мероприятиям, направленным на формирование здорового образа жизни (ЗОЖ). Активная пропаганда ЗОЖ среди населения, своевременное выявление, коррекция и контроль факторов риска могут значительно снизить частоту новых случаев хронических неинфекционных заболеваний (ХНИЗ) и их осложнений. На компоненты профилактики влияют особенности и условия жизни населения, а также вид профессиональной деятельности [1,2].

Численность врачей в нашей стране на 2017 г. составила 697,1 тысячи (47,5 на 10 тыс. населения), среднего медицинского персонала (СМП) — 1525,2 (103,8 на 10 тыс. населения). По данным Росстата, средний возраст занятых в здравоохранении лиц в 2005 г. составлял 41,3 года, в 2016 г. — 43,2 года (как в целом, так и у мужчин, и у женщин) [3]. Эти данные свидетельствуют о необходимости пристального внимания к анализу состояния здоровья медицинских работников в силу повзрелости этой категории населения. Кроме этого, поток информации, концентрация внимания, быстрое принятие решений, профессиональная ответственность создают основу для возникновения заболеваний — как общих, так и профессиональных [4,5].

Сейчас условия труда медицинских работников не исключают роста факторов риска, самих заболеваний и их сочетаний, что явилось основой для проведения анализа состояния здоровья среди врачей и среднего медицинского персонала многопрофильной городской клинической больницы (ГКБ).

Цель исследования — оценка встречаемости факторов риска, поведенческих особенностей и приверженности лечению у медицинских работников многопрофильной городской клинической больницы.

Материалы и методы. В открытое одномоментное сравнительное нерандомизированное исследование были включены сотрудники ГКБ с высшим и средним медицинским образованием в возрасте 18 лет и старше.

В исследование не включены технический и административный персонал ГКБ, медицинские работники с тяжелым течением заболеваний.

Группу сравнения составили лица, не имевшие профессию медицинского профиля, проходивших диспансеризацию в поликлиническом отделении ГБУЗ ГКБ №13.

Все участники исследования подписали информированное согласие для участия в исследовании.

Исследование проводилось на базе кафедры поликлинической терапии лечебного факультета ФГАОУ ВО «РНИМУ им. Н.И. Пирогова» — ГБУЗ «ГКБ №13 Департамента Здравоохранения г. Москвы».

Всем участникам основной группы и группы сравнения проводился общепринятый физикальный осмотр, оценка семейного и медицинского анамнеза, клинико-демографических и антропометрических показателей.

Индекс массы тела (ИМТ) рассчитан по формуле Кетле (масса тела, кг)/рост (м²). ИМТ 30 кг/м² и более являлся критерием ожирения, 25–29,9 — избыточной массы тела кг/м² [6].

К регулярно курящим отнесены лица, выкуривающие хотя бы 1 сигарету в день или бросившие курить менее 1 года назад. Ежедневное употребление в пищу менее 300 граммов овощей и фруктов, досаливание пищи рассматривались как нездоровое питание [7].

Физическая активность менее 150 минут в неделю или менее 75 минут в неделю (15 минут 5 дней в неделю), или их сочетание расценивалась как низкая [7], дислипидемия — при отклонении от нормы одного или более показателей липидного обмена: общий холестерин 5 ммоль/л и более; холестерин липопротеинов высокой плотности у мужчин менее 1,0 ммоль/л, у женщин менее 1,2 ммоль/л; холестерин липопротеинов низкой плотности более 3 ммоль/л; триглицериды более 1,7 ммоль/л [8].

Учитывалось употребление алкоголя до 14 ед./нед. у мужчин и до 8 ед./нед. — у женщин (1 единица равна 125 мл вина или 250 мл пива [7]).

Статистический анализ выполнен с применением стандартных программ: StatPlus: мас версия 6. (AnalystSoft Inc,

USA), SPSS Statistics version 20.0 (IBM, USA) и Microsoft Office 2016 (Microsoft, США). Нормальность распределения количественных показателей оценивалась с помощью критерия Шапиро-Уилка. При нормальном распределении показатели представляли в виде среднего и стандартного отклонения ($M \pm SD$), межгрупповые различия оценивались при помощи t-критерия Стьюдента с учетом теста Ливиня. При ненормальном распределении показатели описывали в виде медианы и межквартильного размаха [Me (Q25; Q75)], различия между двумя группами анализировались при помощи U критерия Манна-Уитни.

Сравнение групп по качественным признакам проведено с помощью построения таблиц сопряженности с использованием критерия χ^2 по Пирсону. Ассоциации между переменными выявлены с помощью коэффициента корреляции (r) Пирсона при нормальном распределении и Спирмена — при ненормальном распределении. Для оценки влияния признака применялся логистический регрессионный анализ с определением отношения шансов (ОШ) и 95% доверительного интервала (ДИ). Различия считались статистически значимыми при значениях двустороннего $p < 0,05$.

Результаты. Проведен физикальный осмотр и анкетирование 208 медицинских работников в возрасте от 20 до 85 лет, медиана — 56 (41; 64) лет, среди которых были 61 мужчина и 147 женщин, 82 (39,2%) врача и 126 (60,8%) среднего медицинского персонала. Среди 127 человек (в возрасте от 20 до 82 лет, медиана — 52 (43; 61) года) группы сравнения 65 (51,2%) имели высшее образование, 62 (48,8%) — среднее специальное образование.

Курили 56 (26,9%) медицинских сотрудников и 29 (22,8%) человек группы сравнения. Ранее отказались от курения 29 (13,8%) медицинских работников и 28 (22%) человек группы сравнения. Среди работников терапевтического отделения отказались от курения 7 (24,2%) медработников; хирургических отделений — 7 (24,2%); гинекологического отделения — 3 (10,3%); реанимационного отделения — 1 (3,4%); функциональной диагностики — 2 (6,9%); травматологического отделения — 3 (10,4%); неврологического отделения — 3 (10,3%); кардиологического отделения — 3 (10,3%).

Среди медицинских сотрудников никогда не курили 105 (50,4%) человек, среди группы сравнения — 70 (55,2%) человек. Употребляют алкоголь 98 (47,1%) медработников и 70 (55,1%) человек группы сравнения.

Среди работников терапевтического отделения употребляют алкоголь 21 (21,5%); хирургических отделений — 17 (17,4%); гинекологического отделения — 5 (5,2%); реанимационного отделения — 4 (4%); функциональной диагностики — 13 (13,3%); травматологического отделения — 22 (22,4%); неврологического отделения — 4 (4%); кардиологического отделения — 12 (12,2%) медработников.

ИМТ медицинских работников колебался от 17,2 до 44,5 кг/м² (26,8±4,9 кг/м²), среди участников группы сравнения — от 19,5 до 34,8 кг/м² (27,2±2,4 кг/м²). Ожирение

(23,6%) преваляло среди медицинских работников, по сравнению с участниками группы сравнения (7,9%), $p < 0,001$.

Среди работников терапевтического отделения ожирение отмечено у 4 (8,1%), хирургических отделений — у 8 (16,6%); гинекологических отделений — у 3 (6,13%); реанимационных отделений — у 6 (33,3%); отделений функциональной диагностики — у 12 (24,5%); травматологического отделения — у 8 (16,3%), неврологического отделения — у 2 (4%); кардиологического отделения — у 6 (12,2%) медработников.

Ежедневно более 300 г овощей и фруктов употребляют 92 (44,2%) медработников и 59 (46,4%) человек группы сравнения. Досаливают пищу 68 (32,7%) медработников и 47 (37%) человек группы сравнения. Достаточный уровень физической активности отмечен у 110 (52,8%) медработников и у 88 (69,3%) человек группы сравнения. Низкая приверженность лечению отмечена у 162 (77,9%) медицинских работников и у 102 (80,3%) лиц группы сравнения.

Низкая приверженность лечению отмечена у 41 (25,4%) работника хирургического отделения, у 38 (23,5%) — терапевтического профиля; у 22 (13,5%) — травматологического отделения; у 20 (12,3%) — отделения функциональной диагностики; у 19 (11,7%) — кардиологического отделения, у 12 (7,4%) — реанимационного отделения; у 7 (4,3%) — неврологического отделения; у 3 (1,9%) — гинекологического отделения.

Состояли на диспансерном учете по поводу имевшихся у них заболеваний 39 (18,7%), а регулярно посещали лечащего врача — 150 (72,1%) медработников. Среди лиц группы сравнения состояли на диспансерном учете в связи с хроническими заболеваниями 59 (46,4%) человек, а регулярно посещали лечащего врача — 45 (35,4%) человек.

Факторами, ассоциируемыми с высокой медицинской информированностью, оказались наличие семьи у медработника (ОШ 3,22, 95% ДИ; 1,78–5,81; $p=0,001$) и высокая приверженность лечению (ОШ 3,19, 95% ДИ; 1,52–6,71; $p=0,002$).

Факторы, ассоциируемые с высокой и низкой приверженностью лечению у медицинских работников, представлены в таблице.

Обсуждение. При анализе группы медицинских и немедицинских работников не было выявлено отличий по семейному положению, отношению к отказу от курения и приверженности лечению. Однако медицинская информированность была хуже в группе медицинских работников (52,4%), чем у лиц группы сравнения (73,3%), и медицинские работники чаще не были готовы изменить образ жизни (46,6%), чем лица немедицинских профессий (27,5%).

Медицинские работники составляют «незащищенную» категорию населения в связи с нагрузкой, обусловленной профессиональной деятельностью и высокой ответственностью за здоровье и жизнь пациентов, что не может не отражаться на их эмоциональном, клиническом состоянии и не вносить вклад в ухудшение качества жизни.

Таблица / Table

Факторы, ассоциируемые с высокой приверженностью лечению у медицинских работников
Factors associated with high treatment adherence in healthcare professionals

Показатель	Отношение шансов	95% ДИ	<i>p</i>
Медицинская информированность	3,19	1,52–6,71	0,002
Женский пол	3,24	1,18–8,85	0,022
Активный образ жизни	3,69	1,75–7,77	0,001
Наличие семьи	2,29	1,18–4,46	0,015
Возраст 20–30 лет	2,37	1,06–5,28	0,035

Недавние результаты исследователей Университета Дрексlera (Филадельфия, Пенсильвания) показали, что род занятий, особенно связанный с медицинской деятельностью, является важнейшим фактором, влияющим на состояние здоровья, в связи с чем необходимо интересоваться о профессии, особенно связанной с системой здравоохранения [9]. Эти данные еще раз подтверждают значимость профилактического направления работы врача в охране здоровья человека.

Среди существующих факторов риска необходимо особо выделить поведенчески, присутствие которых человек самостоятельно и добровольно допускает в своем образе жизни. Некоторые факторы риска тесно связаны со сформированными с детства привычками, которые во многом определяют здоровье человека. Нерациональное питание ассоциировано с более чем 2 млн случаев летального исхода, большинство которых обусловлены заболеваниями сердечно-сосудистой системы. Наибольший вклад в смертность вносят недостаточное употребление свежих фруктов (12,5%) и чрезмерное содержание натрия в продуктах (12,0%) [10].

Убедительно доказана связь избыточного потребления соли и риска развития хронических заболеваний. Чрезмерное употребление соли не только значимый поведенческий фактор риска с высокой распространенностью в нашей стране (49,9%), но и фактор, ассоциированный с экономическим ущербом [11]. Согласно данным исследования ЭССЕ-РФ, около половины жителей нашей страны в возрасте от 25 до 64 лет чрезмерно употребляют соль, причем чаще это отмечено у мужчин, но не у женщин [12].

Нездоровое питание отмечено у 55,8% медицинских работников и у 53,6% лиц группы сравнения ($p=0,692$). Досаливание пищи также встречалось с одинаковой частотой как среди медицинских работников (32,7%), так и лиц группы сравнения (37%). Полученные результаты согласуются с данными, согласно которым нерациональное питание имеется у 67,6% врачей [13], а досаливают пищу — 68,3% медицинских работников многопрофильной ГКБ [14].

Физическая активность является важнейшей составляющей здоровья человека, а ее недостаток — один из факторов риска многих хронических заболеваний. Значительная часть населения, особенно в экономически развитых странах, придерживаются, в основном, малоподвижного образа жизни, в связи с этим приоритетным рассматривается комплекс мер, направленных на оптимизацию физической активности и создание условий жизни, при которых подвижный образ жизни будет рациональным [15].

Достаточный уровень физической активности имелся у каждого второго медицинского работника (52,8%), но активного образа жизни чаще придерживались немедицинские работники (69,3%).

Ткаченко К.Г. и соавторы [14] отметили, что у 74,7% медицинских работников многопрофильной больницы в возрасте 51,6 года низкая физическая активность встречается часто.

Полученные данные полностью согласуются с современной позицией экспертов в этой области о необходимости комплексной реализации стимулирования активного образа жизни населения, заключающегося в изменении условий жизни, работы и в формировании положительной социальной среды с целью следования принципам ЗОЖ [16].

Еще одной серьезной проблемой является избыточная масса тела и ожирение, также ассоциируемых с высоким риском заболеваемости [6]. Согласно данным эпидемиологического исследования ЭССЕ-РФ, распространенность ожирения среди обследованных регионов составила $29,7 \pm 0,3\%$, у женщин несколько выше, чем у мужчин: 30,8% против 26,6% соответственно ($p < 0,001$).

Данные О.С. Кобяковой и соавторов [13] свидетельствуют о избыточной массе тела у 34,7% врачей Томской области, возраст которых составил 42,0 года. Ткаченко К.Г. с соавторами [14] также отметили высокую встречаемость ожирения (у 42,5%) и неправильного питания (у 37,1%) у медицинских работников крупной больницы в возрасте 51,6 лет.

Проведенное исследование показало, что ожирение имело у 14,6% медицинских работников в отличие от лиц немедицинских профессий (29,4%), $p=0,023$.

Курение является одним из основных и значимых некардиогенных поведенческих факторов риска развития многих заболеваний и их осложнений. Устранение этого фактора является одним из приоритетных мероприятий в профилактике смертности и улучшении долгосрочного прогноза [17]. Анализ Фрамингемского исследования (*the Framingham Heart Study*) показал, что даже спустя 25 лет после отказа от курения риск рака выше в три раза, по сравнению с людьми, которые никогда не курили. Однако риск уже начинает снижаться через 5 лет после отказа от курения и снижается со временем, по сравнению с курящими [18].

Согласно данным исследования ЭССЕ-РФ, распространенность курения среди населения регионов-участников в возрасте 25–64 года составляла 25,7%. Согласно данным исследования, табакокурение с одинаковой частотой встречалось как среди медработников (26,9%), так и лиц не медицинской специальности (22,8%). Среди медработников и не медработников разницы по количеству лиц, никогда не куривших, отмечено не было.

О широкой распространенности поведенческих факторов риска, в частности курения, среди медицинских работников свидетельствуют многие исследователи [19]. Распространенность курения среди врачей в возрасте 50,5 лет составила 14% [19], в возрасте 42,02 лет — 15,1%.

Безусловно, полученные результаты подтверждают необходимость изменения отношения к табакокурению среди медицинских работников, поскольку большинство курящих врачей не смогут оказать адекватную поддержку пациентам в плане отказа от курения, так как сами имеют эту вредную привычку, не владеют основами помощи по отказу от курения и не могут способствовать пропаганде ЗОЖ, при этом экономический ущерб от курения составляет более 421,4 млрд рублей (0,49% ВВП) [20].

На сегодняшний день сохраняются высокая распространенность факторов риска и низкая осведомленность населения об их наличии. Ведущее значение в повышении информированности и контроля факторов риска имеет эффективная организация амбулаторной помощи населению. Выявление лиц или пациентов группы риска и первичное консультирование являются важнейшими целями здравоохранения первичного звена, что должно распространяться и на врачей, работающих с медицинским персоналом.

Медицинская информированность определяет мотивацию пациента к началу лечения и следованию рекомендациям врача, а также вносит вклад в формирование особенностей течения многих заболеваний. Поэтому повышение медицинской грамотности и приверженности немедикаментозному и медикаментозному лечению среди медицинских работников является важнейшим компонентом их диспансерного наблюдения и следованию принципам ЗОЖ.

Подтверждением вышесказанному служит исследование М.Г. Бубновой и соавторов [21], согласно которому уровень АД знали 87,1%, общего холестерина крови — 48,6%, глюкозы — 44,4% пациентов. Целевые уровни АД могли сообщить 90%, ЛПНП — 14,2% пациентов. Постоянно лечились 65,3% пациентов, при этом 61,4% считали их малоэффективными.

После реабилитационного консультирования с участием многих специалистов 85,7% пациентов пересмотрели свое отношение к болезни и самоконтролю факторов риска, что подтверждает важность комплексного подхода к профилактике заболеваний и реабилитации пациентов.

В исследовании ЭССЕ-РФ осведомленность об уровне ХС была у 20% мужчин и у 32% женщин [21]. В российской популяции знают о наличии у себя АГ 49% женщин и 30,6% мужчин [21]. Анализ данных о приверженности профилактическим или лечебным мероприятиям показал, что низкая приверженность отмечена у более чем половины медицинских работников (67,1%), что гораздо выше, чем в популяции, к примеру, жителей г. Москвы (57%) [22].

Согласно полученным данным, не знали свой уровень АД, глюкозы и холестерина менее половины (47,6%) медицинских работников, не готовы были изменить свой образ жизни 46,6% медработников и 27,5% не медработников ($p < 0,001$). Факторами, ассоциируемыми с высокой медицинской информированностью, оказались наличие семьи у медработника (ОШ 3,22) и высокая приверженность лечению (ОШ 3,19). Факторами, повышающими приверженность лечению среди медицинских работников, оказались женский пол (ОШ 3,24), ведение активного образа жизни (ОШ 3,69), наличие семьи (ОШ 2,29) и молодой возраст (ОШ 2,37). Полученные данные свидетельствуют о том, что медицинские работники, в основном женского пола, которые имели семью, вели ЗОЖ, больше привержены лечению и мотивированы к получению дополнительной информации о своем заболевании, лечении, профилактике осложнений.

Результаты проведенного исследования свидетельствуют о том, что проблема не приверженности терапии актуальна для лиц медицинских профессий. Низкая приверженность лечению затрудняет внедрение профилактических программ по коррекции образа жизни у медицинских работников, что является препятствием для эффективности лечения, достижения целевых значений многих показателей и снижения риска жизнеугрожающих осложнений. Полученные результаты подтверждают тот факт, что медики, особенно мужского пола, входят в тревожную группу в отношении риска развития многих заболеваний, их прогрессирования и осложнений. Возможно, что выделение отдельной штатной единицы врача-терапевта для проведения профилактических осмотров медицинских сотрудников многопрофильной ГКБ будет способствовать оптимизации наблюдения и проведения комплекса лечебно-профилактических мероприятий.

Заключение. По данным анкетирования, у 52,4% медицинских работников многопрофильной ГКБ имелся низкий уровень медицинской информированности и у 46,6% — неготовность изменить свой образ жизни. Высокая приверженность лечению отмечена у 22,1% медицинских сотрудников многопрофильной ГКБ, которая ассоциировалась с женским полом, молодым возрастом, медицинской информированностью, наличием семьи, активным образом жизни.

Группа приоритетной профилактики: медицинские работники мужского пола многопрофильной ГКБ, ведущие малоподвижный образ жизни, требующие проведения оздоровительных мероприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Калинина А.М., Кушунина Д.В., Горный Б.Э., Антонов К.А., Бетяева О.В., Соколов Г.Е. Потенциал профилактики сердечно-сосудистых заболеваний по результатам диспансеризации взрослого населения. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2019; 18(4): 69-76. DOI: 10.15829/1728-8800-2019-4-69-76

2. Измеров Н.Ф., Бухтияров И.В., Прокопенко Л.В., Шиган Е.Е. Реализация глобального плана действий ВОЗ по охране здоровья работающих в Российской Федерации. *Мед. труда и пром. экол.* 2015; 9: 4-10.

3. Федеральная служба государственной статистики. <https://www.gks.ru/storage/mediabank/zdrav17.pdf>

4. Landsbergis P.A., Travis A., Schnall P.L. High Blood Pressure. *Cardiovasc Prev.* 2013; 20 (2): 69-76.

5. Бакумов П.А., Волчанский М.Е., Зернюкова Е.А., Гречкина Е.Р., Ковальская Е.Н., Ледовская Т.И. Появление эмоционального выгорания у врачей и медицинских сестер. *Мед. труда и пром. экол.* 2018; (2): 30-6. DOI: 10.31089/1026-9428-2018-2-30-36

6. Недогода С.В., Верткин А.А., Наумов А.В., Барыкина И.Н., Саласюк А.С. Ожирение и коморбидная патология в практике поликлинического врача. Часть III: лечение ожирения и коморбидной патологии. *Амбулаторный прием*. 2016; 3(6): 31-42.

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; 6: 7-122. DOI: 10.15829/1560-4071-2018-6-7-122

8. ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр профилактической медицины». <https://www.gnicpm.ru>.

9. Newsroom. <https://newsroom.heart.org/news/specific-jobs-linked-to-poor-heart-health-for-women>.

10. Meier, T., Gräfe, K., Senn, F. et al. Cardiovascular mortality attributable to dietary risk factors in 51 countries in the WHO European Region from 1990 to 2016: a systematic analysis of the Global Burden of Disease Study. *Eur J Epidemiol.* 2019; 34: 37-55. DOI: 10.1007/s10654-018-0473-x

11. Баланова Ю.А., Концевая А.В., Мырзаматова А.О., Муканеева Д.К., Худяков М.Б. Экономический ущерб, ассоциированный с избыточным потреблением соли в Российской Федерации в 2016 году. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2019; 18(4): 62-8. DOI: 10.15829/1728-8800-2019-4-62-68

12. Карамнова Н.С., Шальнова С.А., Тарасов В.И., Деев А.Д., Баланова Ю.А., Имаева А.Э., Муромцева Г.А., Капустина А.В., Евстифеева С.Е., Драпкина О.М. Гендерные различия в характере питания взрослого населения Российской Федерации. Результаты эпидемиологического исследования ЭССЕ-РФ. *Российский кардиологический журнал*. 2019; 6: 66-72. DOI: 10.15829/1560-4071-2019-6-66-72

13. Кобякова О.С. и др. Частота факторов риска хронических неинфекционных заболеваний среди врачей различных специальностей в Томской области. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2020; 19. DOI: 10.15829/1728-8800-2019-2239

14. Ткаченко К.Г. и др. Оценка факторов сердечно-сосудистого риска у медицинских работников городской многопрофильной больницы. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2019; 18(4): 39-46. DOI: 10.15829/1728-8800-2019-4-39-46

15. Максимов С.А., Федорова Н.В., Артамонова Г.В. Городское пространство и физическая активность – фактор риска болезней системы кровообращения. *Российский кардиологический журнал*. 2019; (9): 71-7. DOI: 10.15829/1560-4071-2019-9-71-77

16. Оганов Р.Г., Драпкина О.М. Полиморбидность: закономерности формирования и принципы сочетания нескольких заболеваний у одного пациента. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2016; 15(4): 4-9. DOI: 15829/1728-8800-2016-4-4-9

17. Bassand J., Accetta G., Mahmeed W., Corbalan R., Eikelboom J. et al. Risk factors for death, stroke, and bleeding in 28,628 patients from the GARFIELD-AF registry: Rationale for comprehensive management of atrial fibrillation. *PLOS ONE*. 2013(4): e0191592. DOI: 10.1371/journal.pone.0191592

18. Tindle H., Stevenson D., Greevy R. Lifetime Smoking History and Risk of Lung Cancer: Results from the Framingham

Heart Study (published correction appears in *J Natl Cancer Inst.* 2018; 1(110 (10)): 1153.) *J Natl Cancer Inst.* 2018; 110(11): 1201-7. DOI: 10.1093/jnci/djy041

19. Кобалава Ж.Д., Котовская Ю.В., Шальнова С.А. Сердечно-сосудистый риск у врачей разных специальностей. Результаты Российской многоцентровой научно-образовательной программы «Здоровье врачей России». *Кардиоваскулярная терапия и профилактика.* 2010; 9(4): 12-24.

20. Концевая А.В., Муканеева Д.К., Мырзаматова А.О., Баланова Ю.А., Худяков М.Б., Драпкина О.М. Экономический ущерб факторов риска, обусловленный их вкладом в заболеваемость и смертность от основных хронических неинфекционных заболеваний в Российской Федерации в 2016 году. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика.* 2020; 19. DOI: 10.15829/1728-8800-2020-1-2396

21. Баланова Ю.А., Шальнова С.А., Имаева А.Э., Капустина А.В., Муромцева Г.А., Евстифеева С.Е., и др. Распространенность артериальной гипертензии, охват лечением и его эффективность в Российской Федерации (данные наблюдательного исследования ЭССЕ-РФ-2). *Рациональная Фармакотерапия в Кардиологии.* 2019; 15(4): 450-66. DOI: 10.20996/1819-6446-2019-15-4-450-466

22. Фофанова Т.В., Агеев Ф.Т., Смирнова М.Д., Деев А.Д. Приверженность к терапии в амбулаторных условиях: возможность выявления и оценка эффективности терапии. *Кардиология.* 2017; 57(7): 35-42. DOI: 10.18087/cardio.2017.7.10004

REFERENCES

1. Kalinina A.M., Kushunina D.V., Gornyi B.E., Antonov K.A., Betyaeva O.V., Sokolov G.E. The potential of cardiovascular diseases' prevention according to the results of dispensary examinations of the adult population. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika.* 2019; 18 (4): 69-76. DOI: 10.15829/1728-8800-2019-4-69-76 (in Russian).

2. Izmerov N.F., Bukhtiyarov I.V., Prokopenko L.V., Shigan E.E. Russian Federation implementation of WHO global efforts plan on workers' health care. *Med. truda i prom ekol.* 2015; (9): 4-10 (in Russian).

3. Federal'naja sluzhba gosudarstvennoj statistiki. <https://www.gks.ru/storage/mediabank/zdrav17.pdf>.

4. Landsbergis P.A., Travis A., Schnall P.L. High Blood Pressure. *Cardiovasc Prev.* 2013; 20 (2): 69-76.

5. Bakumov P.A., Volchanskiy M.E., Zernyukova E.A., Grechikina E.R., Kovalskaya E.N., Ledovskaya T.I. Emotional burnout in doctors and medical nurses. *Med. truda i prom ekol.* 2018; 2: 30-6. DOI: 10.31089/1026-9428-2018-2-30-36 (in Russian).

6. Nedogoda S.V., Vertkin A.L., Naumov A.V., Barykina I.N., Salasyuk A.S. Obesity and comorbid pathology in the outpatient practice of a physician. Part III: treatment of obesity and comorbid pathology. *Ambulatornyj priem.* 2016; 3(6): 31-42.

7. Boytsov S.A., Pogosova N.V., Bubnova M.G., Drapkina O.M., Gavrilova N.E., Eganyan R.A., i dr. Cardiovascular prevention 2017. Russian National Recommendations. *Rossiiskij kardiologicheskij zhurnal.* 2018 6: 7-122. DOI: 10.15829/1560-4071-2018-6-7-122 (in Russian).

8. FGBU "Natsional'nyy meditsinskiy issledovatel'skiy tsentr profilakticheskoy meditsiny". <https://www.gnicpm.ru> (in Russian).

9. Newsroom. <https://newsroom.heart.org/news/specific-jobs-linked-to-poor-heart-health-for-women>.

10. Meier, T., Gräfe, K., Senn, F. et al. Cardiovascular mortality attributable to dietary risk factors in 51 countries in the WHO European Region from 1990 to 2016: a systematic analysis of the

Global Burden of Disease Study. *Eur J Epidemiol.* 2019; 34: 37-55. DOI: 10.1007/s10654-018-0473-x

11. Balanova Y.A., Kontsevaya A.V., Myrзаматова A.O., Mukaneeva D.K., Khudyakov M.B. Economic damage associated with excess salt intake of Russian people in 2016. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika.* 2019; 18 (4): 62-8. DOI: 10.15829/1728-8800-2019-4-62-68 (in Russian).

12. Karamnova N.S., Shalnova S.A., Tarasov V.I., Deev A.D., Balanova Y.A., Imaeva A.E., Muromtseva G.A., Kapustina A.V., Evstifeeva S.E., Drapkina O.M. Gender differences in the nutritional pattern of the adult population of the Russian Federation. The results of ESSE-RF epidemiological study. *Rossiiskij kardiologicheskij zhurnal.* 2019; 6: 66-72. DOI: 10.15829/1560-4071-2019-6-66-72 (in Russian).

13. Kobayakova O.S. et al. The frequency of risk factors for chronic noncommunicable diseases among doctors of various specialties in the Tomsk region. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika.* 2020; 19. DOI: 10.15829/1728-8800-2019-2239 (in Russian).

14. Tkachenko K.G. et al. Evaluation of cardiovascular risk factors for medical workers of an urban multidisciplinary hospital. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika.* 2019; 18(4): 39-46. DOI: 10.15829/1728-8800-2019-4-39-46 (in Russian).

15. Maksimov S.A., Fedorova N.V., Artamonova G.V. Urban space and physical activity are a risk factor for cardiovascular diseases. *Rossiiskij kardiologicheskij zhurnal.* 2019; 9: 71-7. DOI: 10.15829/1560-4071-2019-9-71-77 (in Russian).

16. Oganov R.G., Drapkina O.M. Polymorbidity: specifics of co-development and concomitance of several diseases in one patient. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika.* 2016; 15(4): 4-9. DOI: 15829/1728-8800-2016-4-4-9 (in Russian).

17. Bassand J., Accetta G., Mahmeed W., Corbalan R., Eikelboom J. et al. Risk factors for death, stroke, and bleeding in 28,628 patients from the GARFIELD-AF registry: Rationale for comprehensive management of atrial fibrillation. *PLOS ONE.* 13(1): e0191592. DOI: 10.1371/journal.pone.0191592.

18. Tindle H., Stevenson D., Greevy R. Lifetime Smoking History and Risk of Lung Cancer: Results from the Framingham Heart Study (published correction appears in *J Natl Cancer Inst.* 2018; 1(110 (10)): 1153.) *J Natl Cancer Inst.* 2018; 110(11): 1201-7. DOI: 10.1093/jnci/djy041

19. Kobalava Z.D., Kotovskaya Y.V., Shalnova S.A. Cardiovascular risk in various medical specialties. The results of the Russian multi-centre scientific and educational programme "Russian Doctors' Health". *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika.* 2010; 9(4): 12-24 (in Russian).

20. Kontsevaya A.V., Mukaneeva D.K., Myrзаматова A.O., Balanova Y.A., Khudyakov M.B., Drapkina O.M. Economic damage of risk factors associated with morbidity and mortality from major chronic non-communicable diseases in Russia in 2016. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika.* 2020; 19. DOI: 10.15829/1728-8800-2020-1-2396 (in Russian).

21. Balanova Y.A., Shalnova S.A., Imaeva A.E., Kapustina A.V., Muromtseva G.A., Evstifeeva S.V., Tarasov V.I., Redko A.N., Viktorova I.A., Prishchepa N.N., Yakushin S.S., Boytsov S.A., Drapkina O.M. Prevalence, Awareness, Treatment and Control of Hypertension in Russian Federation (Data of Observational ESSERF-2 Study). *Ratsional'naya Farmakoterapiya v Kardiologii.* 2019; 15(4): 450-466. DOI: 10.20996/1819-6446-2019-15-4-450-466 (in Russian).

22. Fofanova T.V., Ageev F.T., Sмирнова M.Д., Деев А.Д. Adherence to Therapy in the Outpatient Setting: the Ability to Identify and Assess the Effectiveness of Therapy. *Kardiologiya.* 2017; 57(7): 35-42. DOI: 10.18087/cardio.2017.7.10004 (in Russian).

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

DOI: <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-5-311-317>

УДК 613.98; 612.67/.68

© Коллектив авторов, 2020

Донцов В.И.¹, Ермакова Н.А.², Какорина Е.П.², Крутько В.Н.^{1,2}, Кузнецов П.П.³**Оценка процессов старения в индивидуальной динамике показателей здоровья и трудоспособности**¹ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» РАН, ул. Вавилова, 44/2, Москва, Россия, 119333;²ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Минздрава России, ул. Трубецкая, 8/2, Москва, Россия, 119991;³ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова», пр-т Буденного, 31, Москва, Россия, 105275

Целью обзора является выявление влияний процессов естественного старения и сопровождающих его возрастных заболеваний на личностный трудовой потенциал человека в современных условиях социально-экономического развития. Личностный трудовой потенциал подвержен процессам естественного биологического старения. Улучшение условий жизни и успехи здравоохранения ведут к увеличению доли пожилых в структуре населения, однако эти же процессы могут снижать скорость индивидуального старения, риски ассоциированных с возрастом заболеваний и смерти. Процесс старения снижает общую жизнеспособность, что сопровождается повышением рисков возрастных хронических заболеваний. Для этих заболеваний следует оценивать персональные уровни рисков и своевременно проводить профилактические мероприятия. Существуют маркеры риска для различных заболеваний, частота которых увеличивается с возрастом, а также маркеры повышения общей смертности. Оценка индивидуального старения производится по показателям биологического возраста, которые следует учитывать для оценки личностного трудового потенциала.

Ключевые слова: *трудовой потенциал; старение; риски возрастных заболеваний; трудоспособность; биологический возраст*

Для цитирования: Донцов В.И., Ермакова Н.А., Какорина Е.П., Крутько В.Н., Кузнецов П.П. Оценка процессов старения в индивидуальной динамике показателей здоровья и трудоспособности. *Мед. труда и пром. экол.* 2020; 60 (5). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-5-311-317>

Для корреспонденции: Донцов Виталий Иванович, вед. науч. сотр. отдела «Системный анализ и информационные технологии в медицине и экологии» ФИЦ «Информатика и управление» РАН, д-р мед. наук. E-mail: dontsovvi@mail.ru

Финансирование. Исследование выполнено при частичной финансовой поддержке РФФИ — грант № 19-29-01046.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Дата поступления: 05.02.2020 / Дата принятия к печати: 22.04.2020 / Дата публикации: 18.05.2020

Vitaliy I. Dontsov¹, Nina A. Yermakova², Ekaterina P. Kakorina², Vyacheslav N. Krut'ko^{1,2}, Petr P. Kuznetsov³**Assessment of aging processes in individual dynamics of health and work capacity indicators**¹Federal Research Center "Computer Science and Control" of Russian Academy of Sciences, 44/2, Vavilova str., Moscow, Russia, 119333;²I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, 8/2, Trubetskaya str., Moscow, Russia, 119991;³Federal State Budgetary Scientific Institution Izmerov Research Institute of Occupational Health, 31, Budennogo Ave., Moscow, Russia, 105275

The purpose of the review is to identify the effects of natural aging processes and accompanying age-related diseases on the personal labor potential of a person in modern conditions of socio-economic development.

Personal labor potential is subject to the processes of natural biological aging. Improvements in living conditions and advances in health care lead to an increase in the proportion of the elderly in the population structure, but these same processes can reduce the rate of individual aging, the risks of age-related diseases and death. The aging process reduces overall viability, which is accompanied by an increased risk of age-related chronic diseases. For these diseases, personal risk levels should be assessed, and preventive measures should be taken in a timely manner. There are risk markers for various diseases that increase in frequency with age, as well as markers of increased overall mortality. The assessment of individual aging is based on indicators of biological age, which should be considered to assess personal labor potential.

Keywords: *labor potential; aging; risks of age-related diseases; working capacity; biological age*

For citation: Dontsov V.I., Ermakova N.A., Kakorina E.P., Krut'ko V.N., Kuznetsov P.P. Assessment of aging processes in individual dynamics of health and work capacity indicators. *Med. truda i prom. ekol.* 2020; 60 (5). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-5-311-317>

For correspondence: Vitaliy I. Dontsov, leading researcher of department "System analysis and information technologies in medicine and ecology" of the Federal Research Center "Computer Science and Control" of Russian Academy of Sciences, Dr. of Sci. (Med.). E-mail: dontsovvi@mail.ru

ORCID: Krut'ko V.N. 0000-0002-2779-8775, Dontsov V.I. 0000-0002-2234-4715.

Funding. The study was performed under partial financial support of RFFI — grant № 19-29-01046.

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

Received: 05.02.2020 / Accepted: 22.04.2020 / Published: 18.05.2020

Введение. Трудовой потенциал (ТП), в основе которого лежат личные возможности человека — личностный ТП (ЛТП), является основой благополучия и развития страны. В ЛТП входят физиологические, предметно-материальные и социальные ресурсы. Одни виды ресурсов могут компенсировать дефицит других. В данной статье ЛТП рассматривается в рамках «физического» (физиологического) понимания потенциала личности как способности индивидуума к совершению работы.

Целью обзора было выяснение влияний процессов естественного старения и возрастных заболеваний на ЛТП человека в современных условиях социально-экономического развития.

Трудовой потенциал и его физиологическая составляющая. Понятие «трудовой потенциал» возникло в 70–80-е годы XX века в связи с необходимостью эффективного использования возможностей, связанных с личным фактором; ТП — это совокупная общественная способность к труду, потенциальная дееспособность общества, его ресурсы труда [1]. В понятие ТП включают различные составляющие [1,2]: его отождествляют с трудовыми ресурсами (численность трудоспособного населения и его качественные характеристики — пол, возраст, образование, профессиональная подготовка, квалификация и т. д.); рассматривают в терминах политэкономии как элементы производительных сил и производственных отношений; в социальном плане ТП связан со свободой выбора рода занятий и расширением возможностей для раскрытия индивидуальных качеств. Понятия ТП, человеческого потенциала, человеческого капитала взаимодействуют и трансформируются [3], а теории, рассматривающие эти понятия, подвергаются критике и уточнениям [4,5]. Современный анализ ЛТП и связанных понятий основывается на современных

научных методах: системный подход [6], многомерный статистический анализ, факторные модели развития ТП [7], использование информационно-аналитической системы мониторинга ТП территорий в целях регулирования трудового поведения населения [8], использование систем искусственного интеллекта на основе врачебно-цифровой системы для управления человеческим капиталом [9]. Теоретические аспекты оценки ТП являются основой аудита в трудовой сфере [10]. Ключевой задачей управления трудовыми ресурсами становится правильное управление, что включает оценку ТП, планирование процесса организации развития и конечную оценку результатов [11].

Формированию и эффективной реализации ТП страны препятствует ряд причин [8,12], влияющих на сокращение трудоспособного населения: снижение рождаемости и демографическое постарение населения, ухудшение здоровья населения, неэффективное использование ТП и ухудшение качества профессиональной подготовки.

В ТП можно выделить три основные составляющие: психофизиологическую, интеллектуальную и социальную. Анализ литературы показывает, что ЛТП включает внутренние факторы (возможности личности) и внешние (условия их реализации). Физическая (физиологическая) составляющая ЛТП в наиболее общем виде может быть представлена как общая жизнеспособность. Однако жизнеспособность резко снижается с возрастом, что составляет сущность процесса естественного старения [13,14]. Старение является важнейшим фактором, влияющим на все компоненты ЛТП. Особая значимость этого фактора для всех развитых стран обусловлена неуклонно возрастающей в популяции доли лиц старше трудоспособного возраста, что определило необходимость повышения пенсионного возраста; поэтому сохранение трудоспо-

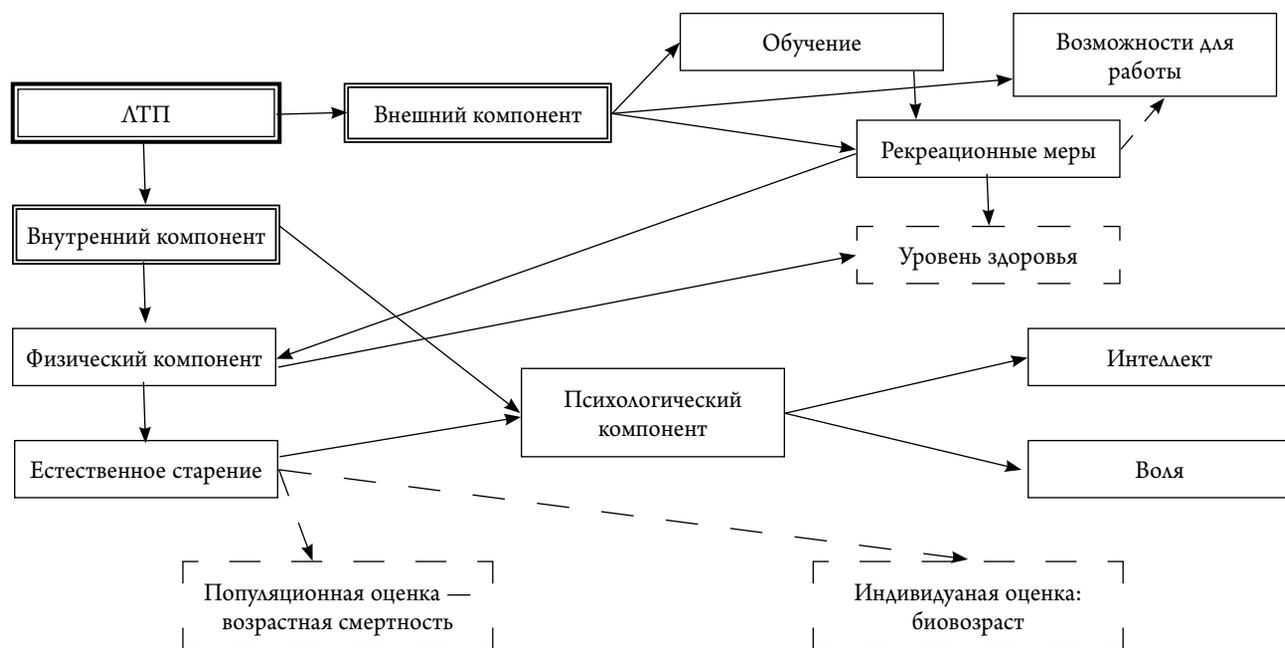


Рисунок. Составляющие личностного трудового потенциала.
Figure. Components of personal labor potential.

способности старшего поколения является одним из приоритетов государственной политики [15–18]. Старение прямо влияет на ЛТП и на уровень здоровья [19–22], так как снижает общую жизнеспособность, объем адаптации, физическую и психическую работоспособность и способствует развитию возраст-зависимых заболеваний; что, наряду с выраженным демографическим постарением населения мира, требует все большего внимания как к самому процессу старения, так и к сопровождающим его возраст-зависимым заболеваниям.

На приведенной схеме, построенной по данным литературы, показано соотношение различных составляющих и место процесса старения в структуре ЛТП (рисунок).

Концептуальная модель старения и его влияние на ЛТП. Старение является универсальным феноменом, сущность которого сводится к снижению общей жизнеспособности. Это определяет как снижение с возрастом физиологических показателей организма, лежащих в основе трудоспособности, так и устойчивости к различным заболеваниям как внешней природы, так и связанных с самим процессом старения. Наиболее интересным является то, что множество частных проявлений старения по единству механизма группируются в конкретные синдромы старения [19]. Это синдромы возрастного склероза, оксидативного стресса, гипоксии и дистрофии тканей, снижения мышечной силы (саркопения), интоксикации, возрастного иммунодефицита, дезадаптации, авитаминоза и мальабсорбции, нарушений эндокринной (прежде всего половой — климакс) системы и нервной регуляции, синдромы изменения высшей нервной деятельности. Улучшение возможностей медицины в лечении основных хронических заболеваний, синдромы которых сходны с синдромами собственно старения, должно отражаться также на скорости самого старения, что и наблюдается при анализе старения популяций методом исследования таблиц дожития [20].

Важнейшими проявлениями влияния старения на ЛТП являются изменения физиологических показателей организма. С возрастом изменяются практически все показатели, например [23]: снижение скорости проведения нервных импульсов — на 15% от уровня, наблюдаемого в 25–30 лет; снижение уровня основного обмена — на 20%; снижение содержания внутриклеточной воды — на 25%; снижение сердечного индекса — на 30–35%; снижение скорости клубочковой фильтрации — на 40–45%; снижение почечного кровотока — на 50–55%; снижение максимальной емкости легких — на 55–60%; снижение скорости кровотока — на 65–70%; снижение числа клеток (в разных органах — на 5–15%); выраженное снижение скорости самообновления органов в результате снижения потенциала клеточного роста (например, в печени движение изотопной метки *in vivo* замедляется в десятки раз). Эти типичные закономерные изменения в организме в результате старения объективно снижают трудовую активность пожилых.

Возрастные патологические изменения, ассоциированные со старением. Ряд возрастных патологий прямо связан с процессами старения. Так, результатом возрастного снижения эстрогенных влияний на организм является развитие ряда патологических изменений, известных как синдром климакса: нейровегетативные проявления, урогенитальные нарушения, явления остеопороза, заболевания сердечно-сосудистой системы и ряд других [24–26]. Различные по степени тяжести проявления климакса встречаются у 40–60% женщин старше 40 лет, у половины отмечается тяжелое течение заболевания и продолжается до 5

лет, что резко снижает общую трудоспособность женщин среднего возраста. Непосредственно с климаксом связан также возрастной остеопороз [27].

Возрастной иммунодефицит представляет собой как механизм, так и проявление старения и ведет к снижению иммунной резистентности [14,19,28]. С возрастом закономерно повышаются аутоиммунные реакции. Закономерно повышается содержание провоспалительных лимфокинов: ИЛ-6 и TNF- α , которые стали называть «лимфокинами старения». Старение самообновляющихся тканей рассматривают как результат регуляторного снижения скорости самообновления соматических тканей в организме со стороны специальных иммунных клеток [14,19] в ходе развития возрастного иммунодефицита.

Эти типичные изменения организма при старении предрасполагают к развитию ассоциированных с возрастом заболеваний.

Повышение риска возрастных заболеваний с возрастом. Развитие климакса прямо ассоциируется с нейровегетативными расстройствами и повышением риска развития сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) и риска смертности от них [26]. Повышение диастолического артериального давления на 5 мм рт. ст. повышает риск развития инсульта примерно на треть и ишемической болезни сердца на 20%. Маркером риска ССЗ и повышения общей смертности является частота сердечных сокращений (ЧСС). Риск смерти при ЧСС более 75 уд./мин. выше на треть [29]. Другим маркером смертности от ССЗ является уровень калия крови. Выход за пределы 3,5–4,5 ммоль/л, связан с повышенным риском в долгосрочной перспективе [30]. Повышение риска внезапной смерти от ССЗ почти в два раза наблюдается при уровнях интерлейкина-6 крови выше 1,06 пг/мл [31]. Уровень мочевой кислоты более 415 мкмоль/л повышает риск смерти от ССЗ [32]. Повышенная смертность от ССЗ сопровождается повышением воспалительных процессов в целом [33]. С-реактивный белок (СРБ) считают маркером воспаления; его уровень у лиц старше 65 лет прямо коррелирует с вероятностью внезапной сердечной недостаточности. Холестерин и его фракции давно известны как маркеры смертности от ССЗ. Слишком низкий уровень ЛПНП ($\leq 1,8$ ммоль/л) связан с повышенным риском онкологических заболеваний крови и инфекций.

Повышение свертываемости крови, типичное для ССЗ и прежде всего атеросклероза, в частности, повышение уровня тромбоцитов крови, повышает риск развития рака легких и колоректального рака в течение ближайшего года [34]. Возрастной иммунодефицит является важнейшим фактором повышения частоты опухолей с возрастом, однако, повышенные риски развития опухолей связаны также и с другими нарушениями обмена и возрастными патологиями. Структура и локализация опухолей в зависимости от возраста и пола различны. Считают, что до 20% всех случаев опухолей обусловлено хроническими инфекциями с вяло текущим воспалением; при повышенных концентрациях воспалительных цитокинов (прежде всего интерлейкина-6) воспаление становится хроническим, и порочный круг замыкается [35]. Повышенная продукция интерлейкина-6 способствует распространению и метастазированию рака легких и молочной железы [36]. Повышенный уровень инсулина в сочетании с инсулинорезистентностью связан со смертностью от рака независимо от наличия сахарного диабета, имеющегося ожирения и метаболического синдрома [37]. Свободное железо способствует образованию активных форм кис-

лорода и гидроксильных радикалов; концентрация ферритина резко возрастает при инфекциях, воспалительных реакциях или раке.

Ожирение — болезнь современного человека и важная социальная проблема. Повышение индекса массы тела (ИМТ) коррелирует с развитием 17 видов опухолей и повышает риск смерти в полтора раза [38].

Ряд изменяющихся с возрастом показателей коррелируют с повышением смертности от всех причин [39]: понижение уровня АЛТ крови ниже 14–17 Ед/л повышает общую смертность; уровень альбумина ниже 35 г/л выражено повышает общий риск смерти по сравнению с уровнем выше 43 г/л и может влиять на течение многих воспалительных, ишемических и пролиферативных заболеваний; у лиц старше 60 лет с низким риском ССЗ и нормальной работой почек скорость клубочковой фильтрации выше 110 мл/мин/1,73 м² увеличивает риск смерти от всех причин в 4 раза, как и снижении менее 90 мл/мин/1,73 м², повышающее риск смерти на 40%, особенно в сочетании с альбуминурией; снижение содержания витамина В₁₂ и связанное с этим повышение уровня гомоцистеина ведет к ускоренному старению мозга и развитию когнитивных нарушений, в том числе болезни Альцгеймера, ухудшению памяти и психическим расстройствам.

У лиц старше 80 лет при пониженной концентрации тироксина отмечено снижение общей смертности. Метаболит 8-оксо-2-дезоксигуанозин (8-охо-dGn) является маркером повреждения ДНК и окислительного стресса, поскольку гуанин обладает самым низким среди азотистых оснований потенциалом ионизации и наиболее подвержен повреждениям.

Показано, что чем выше уровень фермента, восстанавливающего ДНК, тем больше продолжительность жизни. В возрасте 70–75 лет содержание ферментов репарации PARP1 и PARP2 уменьшается в 2 раза по сравнению с 20–25 годами. На млекопитающих показана прямая корреляция между активностью PARP1 и видовой продолжительностью жизни [40].

Биомаркеры здоровья и старения для оценки трудоспособности. Хорошее здоровье оказывает положительное, значительное и статистически значимое влияние на совокупный выпуск продукции, зачастую более важное, чем опыт работы и уровень образования. Процесс старения и уровень здоровья связаны между собой [19,21,26,27,41,42]. При старении увеличивается как частота хронических заболеваний с выходом на инвалидность, прежде всего за счет сердечно-сосудистых заболеваний, так и текущая заболеваемость; ведущими при оценке числа листов нетрудоспособности на поликлиническом участке являются [43]: болезни органов дыхания — 28,6%, костно-мышечной системы — 16,7%, травмы и отравления — 15,9% и болезни органов кровообращения — 8,1%.

Более быстрое увеличение продолжительности жизни человека может привести к более медленному старению населения [44]. До середины XX века это было связано, прежде всего, со снижением детской смертности, однако, к настоящему времени наблюдается процесс снижения скорости старения, прежде всего в средних возрастах [20]. Сравнение стран по показателям вероятности смерти (q_x) для 50–60-летних [45] и по вероятности дожития до старших возрастов ($p_x = 1 - q_x$) показывает значительное улучшение (в разы) доживаемости для средних возрастов для показателя интенсивности смертности (m_x).

Так как показатели старения средне-старших возрастов различаются для разных стран, то определение индивидуального старения (биологического возраста — БВ) является важным для оценки ЛТП.

Биологический возраст — количественная мера старения, отражающая возрастное снижение жизнеспособности организма, которая складывается из жизнеспособностей (функциональных ресурсов) его частей — органов и систем организма. Эти ресурсы являются одними из наиболее важных биомаркеров (БМ) старения [46].

Любые тестовые панели БМ для определения БВ должны учитывать тип, скорость и профиль старения, интегральную оценку здоровья, физической и психической работоспособности, а также позиции, интересные для конкретного пользователя. Комбинируя БМ, можно создавать практически любые тестовые панели с любыми заданными критериями и доступными методами определения БВ различной сложности при заданных ограничениях на точность оценки, стоимость и трудоемкость практического использования [46].

На БВ влияют процессы роста и развития, его используют для оценки старения населения различных регионов, в спортивной медицине, для оценки развития школьников и как показатель адаптации студентов к обучению [21], как показатель эффективности тренировок в пожилом возрасте [47], для оценки качества жизни в разных возрастах, он является альтернативой методу исследования выживания популяции. Метод определения БВ использовался для оценки ускоренного старения водителей автотранспорта по показателям физической работоспособности [48]; он предложен как показатель уровня здоровья, старения и экологического благополучия человека [49]; значение БВ изменяется в ходе некоторых заболеваний, влияния экологических условий жизни, под влиянием физических нагрузок [50] и диет [51].

Таким образом, показатели БВ следует учитывать для оценки ЛТП.

Заключение. *Личностный трудовой потенциал подвержен процессам естественного биологического старения. Улучшение условий жизни и успехи здравоохранения ведут к увеличению доли пожилых в структуре населения, однако эти же процессы могут снижать скорость индивидуального старения, ассоциированных с возрастом заболеваний и смерти. Процесс старения снижает общую жизнеспособность, что сопровождается повышением рисков возрастных хронических заболеваний. Для этих заболеваний следует оценивать персональные уровни рисков и своевременно проводить профилактические мероприятия. Существуют маркеры риска для различных заболеваний, частота которых увеличивается с возрастом, а также маркеры повышения общей смертности. Оценка индивидуального старения производится по показателям биовозраста, которые следует учитывать для оценки ЛТП.*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богомолова Ю.И. Трудовой потенциал как ключевая категория экономики труда: содержание, факторы, функции. *Гуманит. соц-эконом. и общест. науки.* 2018; 12: 219–24.
2. Турдубаев С.К., Кенешбаева З.М., Кадыров Ш.Г. Сущность и содержание понятий трудовой потенциал и трудовые ресурсы. *Соврем. фундамент. и приклад. исслед.* 2019; 1(32): 87–90.
3. Malinin A.M., Andreeva A.D. Regional labour market: transformation of human potential, labour potential and human

capital. *Components of Scientific and Technological Progress*. 2017; 1(31): 30–4.

4. Marginson S. Limitations of human capital theory. *Stud in Higher Ed*. 2019; 44(2): 287–301. DOI: 10.1080/03075079.2017.1359823

5. Corley E.A., Bozeman B., Zhang X., Tsai C.C. The expanded scientific and technical human capital model: the addition of a cultural dimension. *J Technol Transf*. 2019; 44: 681–99. DOI: 10.1007/s10961-017-9611-y

6. Зайцева И.В., Попова М.В., Казначеева О.Х., Тихонов Э.Е. Системный подход как теоретическая основа исследования структуры трудового потенциала. *Фундамент. исслед.* 2015; 5–1: 190–4.

7. Моисеева И.В. Формирование факторной модели развития трудового потенциала региона. *Финанс. экономика*. 2019; 12: 677–80.

8. Попов А.В. Использование информационно-аналитической системы мониторинга трудового потенциала территорий в целях регулирования трудового поведения населения. *Вестник НГУЭУ*. 2016; 1: 189–99.

9. Кузнецов П.П., Чудаков С.Ю., Какорина Е.П., Алмазов А.А. Системы поддержки принятия решений в медицине на основе искусственного интеллекта. *Менеджмент качества в мед.* 2019; 2: 114–8.

10. Кафидов В.В., Ковалева Е.А., Алексеенко В.Б. Теоретические аспекты оценки трудового потенциала как основы аудита в трудовой сфере. *Управ. экономич. сист: элект. науч. журнал*. 2018; 1(107): 28. <https://www.elibrary.ru/contents.asp?id=34831097>.

11. Иванова Ю.А. Управление трудовым потенциалом на предприятиях стройиндустрии: методы и оценка трудового потенциала. *Соврем. научн. исслед. и разработ.* 2018; 12(29): 363–6.

12. Данные Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации. <http://www.gks.ru>.

13. Hayflick L. Entropy explains aging, genetic determinism explains longevity, and undefined terminology explains misunderstanding both. *PLoS genet*. 2007; 3: 220–4.

14. Донцов В.И., Крутько В.Н. Старение: системный подход. *Труды ИСА РАН*. 2017; 67(1): 104–12.

15. Какорина Е.П., Никитина С.Ю. Особенности структуры смертности в российской федерации. *Пробл. соц. гиг. здрав. истор. мед.* 2019; 27(5): 822–6.

16. OECD Ageing and Employment Policies. OECD. Available 1.03.2020 at: <http://www.oecd.org/employment/ageingandemploymentpolicies.htm>.

17. Bloom E. D. Demographic Upheaval. *Finance Develop*. 2016; 53(1): 6–11.

18. Барбашова Е.В., Конкин В.А., Шуметов В.Г. Общественное здоровье в оценке качества трудового потенциала: региональный аспект. *Регион. исслед.* 2019; 1(63): 75–85.

19. Krut'ko VN, Dontsov VI, Khalyavkin AV, Markova AN. Natural aging as a sequential poly-systemic syndrome. *Front Biosci (Landmark Ed)*. 2018; 23: 909–20. DOI: 10.2741/4624

20. Донцов В.И. Изменения смертности и скорости старения во второй половине XX столетия в России. *Здравоохран. Рос. Федер.* 2019; 63(1): 42–7. DOI: 10.18821/0044-197X-2019-63-1-42-47

21. Максикова Т.М., Бабанская Е.Б., Калягин А.Н. Оценка состояния здоровья лиц пожилого возраста в условиях центра здоровья. *Профилактик. мед.* 2015; 18(2–2): 70–1.

22. Барбашова Е.В., Конкин В.А., Шуметов В.Г. Общественное здоровье в оценке качества трудового потенциала: региональный аспект. *Регион. исслед.* 2019; 1(63): 75–85.

23. Кишкун А.А. Биологический возраст и старение: возможность определения и коррекции. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2008.

24. Юренева С.В., Дубровина А.В. Эволюция целей МГТ. От лечения приливов к новым горизонтам кардиометаболической протекции. *Акушер. и гинекол.* 2018; 6: 18–24.

25. Lisabeth L., Beiser A., Brown D., Murabito J., Kelly Hayes M. Age at natural menopause and risk of ischemic stroke: the Framingham heart study. *Stroke*. 2009; 40: 1044–9.

26. Muka T., Oliver-Williams C., Kunutsor S. Association of age at onset of menopause and time since onset of menopause with cardiovascular outcomes, intermediate vascular traits, and all-cause mortality: a systematic review and meta-analysis. *JAMA Cardiol*. 2016; 1: 767–76.

27. Томнюк Н.Д., Спиридонов А.В., Мушин А.М., Данилина Е.П. Остеопороз — болезнь скелета людей пожилого и старческого возраста. *Межд. журнал прикл. и фундамент. исслед.* 2020; 1: 47–51.

28. Weyand C.M., Goronzy J.J. Aging of the immune system. Mechanisms and therapeutic targets. *Annals American Thoracic Society*. 2016; 13: 422–8. DOI: 10.1513/AnnalsATS.201602-095AW.

29. Hartaigh B.O., Allore H.G., Trentalange M., McAvay G., Pilz S., Dodson J.A. et al. Elevations in time-varying resting heart rate predict subsequent all-cause mortality in older adults. *Eur J Prev Cardiol*. 2015; 22: 527–34. DOI: 10.1177/2047487313519932

30. Chen Z., Huang B., Lu H., Zhao Z., Hui R., Zhang S. et al. The effect of admission serum potassium levels on in-hospital and long-term mortality in type A acute aortic dissection. *Clin Biochem*. 2007; 50: 843–50. DOI: 10.1016/j.clinbiochem.2017.05.008

31. Luna J.M., Moon Y.P., Liu K.M., Spitalnik S., Paik M.C., Cheung K. et al. High-sensitivity c-reactive protein and interleukin-6 — dominant inflammation and ischemic stroke risk: the northern manhattan study. *Stroke*. 2014; 45: 979–87. DOI: 10.1161/STROKEAHA.113.002289

32. Dutta A., Henley W., Pilling L.C., Wallace R.B., Melzer D. Uric acid measurement improves prediction of cardiovascular mortality in later life. *J Am Geriatr Soc*. 2013; 61: 319–26. DOI: 10.1111/jgs.12149

33. Hussein A.A., Gottdiener J.S., Bartz T.M., Sotoodehnia N., DeFilippi C. DeFilippi C. et al. Inflammation and sudden cardiac death in a community-based population of older adults: the cardiovascular health study. *Heart Rhythm*. 2013; 10: 1425–32. DOI: 10.1016/j.hrthm.2013.07.004

34. Bailey S.E.R., Ukoumunne O.C., Shephard E.A., Hamilton W. Clinical relevance of thrombocytosis in primary care: a prospective cohort study of cancer incidence using English electronic medical records and cancer registry data. *Br J Gen Pract*. 2017; 67: e405–13. DOI: 10.3399/bjgp17X691109

35. Kanda Y., Osaki M., Okada F. Chemopreventive strategies for inflammation-related carcinogenesis: current status and future direction. *IJMS*. 2017; 18: 867. DOI: 10.3390/ijms18040867

36. Dehai C., Bo P., Qiang T., Lihua S., Fang L., Shi J. et al. Enhanced invasion of lung adenocarcinoma cells after co-culture with THP-1 — derived macrophages via the induction of EMT by IL-6. 2014. *Immunol Lett*. 2014; 160: 1–10. DOI: 10.1016/j.imlet.2014.03.004

37. Perseghin G., Calori G., Lattuada G., Ragona F., Dugnani E., Garancini M.P. et al. Insulin resistance/hyperinsulinemia and cancer mortality: the Cremona study at the 15th year of follow-up. *Acta Diabetol*. 2012; 49: 421–8. DOI: 10.1007/s00592-011-0361-2

38. Cerhan J.R., Moore S.C., Jacobs F.J., Kitahara C.M., Rosenberg P.S., Adams H.O. et al. A Pooled Analysis of Waist Circumference and Mortality in 650,000 Adults. *Mayo Clin Proc*. 2014; 89: 335–45. DOI: 10.1016/j.mayocp.2013.11.011

39. Батин М., Веремеенко Д. *Диагностика старения: связь биологических параметров с продолжительностью жизни*. Электронное издание. М.: 2018. <https://nestarenie.ru/Diagnostika.pdf>.
40. Grube K., Bürkle A. Poly(ADP-ribose) polymerase activity in mononuclear leukocytes of 13 mammalian species correlates with species-specific life span. *Proc Natl Acad Sci USA*. 1992; 89(24): 11759–63. DOI: 10.1073/pnas.89.24.11759
41. Бочарова О.Н. Причинно-следственная связь экологически зависимых заболеваний с процессом старения. *Центр. научн. вест.* 2018; 3(1): 8.
42. Мельниченко П.И., Ермакова Н.А., Прохоров Н.И., Матвеев А.А., Кочина Е.В. Биологический возраст как оценка и критерий состояния здоровья студентов. *Здоров. населен. и среда обитан.* 2017; 2(287): 15–7.
43. Посметьева О.С., Зуйкова А.А. Оценка заболеваемости с временной утратой трудоспособности на терапевтическом участке. *Центр. научн. вест.* 2017; 2(20): 9–10.
44. Sanderson W.C., Scherbov S. Faster Increases in Human Life Expectancy Could Lead to Slower Population Aging. *PLoS ONE*. 2015; 10(4): e0121922. DOI: 10.1371/journal.pone.0121922.
45. The Human Mortality Database. Available 1.03.2020 at: <http://www.mortality.org>.
46. Прохоров Н.И., Донцов В.И., Крутько В.Н., Ходыкина Т.М. Биологический возраст как метод оценки уровня здоровья при наличии экологических рисков. *Гиг. и санит.* 2019; 98(7): 761–5. DOI: 10.18821/0016-9900-2019-98-7-761-765
47. Демин А.В., Кривецкий В.В., Фесенко В.В. Особенности качества жизни мужчин старших возрастных групп с разными темпами старения. *Фундамент. исслед.* 2012; 72: 296–9.
48. Башкирева А.С. Оценка ускоренного старения водителей автотранспорта на модели биологического возраста по показателям физической работоспособности. *Успехи геронто.* 2012; 25(4): 709–17.
49. Крутько В.Н., Донцов В.И., Захарьяшева О.В., Кузнецов И.А., Мамиконова О.А., Пырву В.В. и др. Биологический возраст как показатель уровня здоровья, старения и экологического благополучия человека. *Авиакосмич. и экологич. мед.* 2014; 48(3): 2–19.
50. Кусякова Р.Ф. Физическая нагрузка и биологический возраст. *Межд. научно-исслед. журнал.* 2016; 8–5(50): 42–4. DOI: 10.18454/IRJ.2016.50.107
51. Артемьева Н.К., Степуренко В.В., Абакумова М.В. Взаимосвязь адекватности питания и параметров биологического возраста спортсменов высокой квалификации. *Ресурсы конкурент. спортсменов: теория и практ. реализации.* 2015; 3: 7–9.
5. Corley E.A., Bozeman B., Zhang X., Tsai C.C. The expanded scientific and technical human capital model: the addition of a cultural dimension. *J Technol Transf.* 2019; 44: 681–99. DOI 10.1007/s10961-017-9611-y
6. Zaitseva I.V., Popova M.V., Kaznacheeva O.Kh., Tikhonov E.E. System approach as a theoretical basis for studying the structure of labor potential. *Fundamental'nye issledovaniya.* 2015; 5–1: 190–4 (in Russian).
7. Moiseeva I.V. Formation of a factor model for the development of the region's labor potential. *Finansovaya jekonomika.* 2019; 12: 677–80 (in Russian).
8. Popov A.V. Using the information and analytical system for monitoring the labor potential of territories in order to regulate the labor behavior of the population. *Vestnik NGUEU.* 2016; 1: 189–99 (in Russian).
9. Kuznetsov P.P., Chudakov S.Yu., Kakorina E.P., Almazov A.A. Decision support Systems in medicine based on artificial intelligence. *Menedzhment kachestva v medicine.* 2019; 2: 114–8 (in Russian).
10. Kafidov V.V., Kovaleva E.A., Alekseenko V.B. Theoretical aspects of labor potential assessment as a basis for audit in the labor sphere. *Upravlenie jekonomicheskimi sistemami: jelektronnyj nauchnyj zhurna.* 2018; 1(107): 28. <https://www.elibrary.ru/contents.asp?id=34831097> (in Russian).
11. Ivanova Yu.A. Labor potential Management at construction industry enterprises: methods and evaluation of labor potential. *Sovremennye nauchnye issledovaniya i razrabotki.* 2018; 12(29): 363–6. (in Russian).
12. Data from the Federal state statistics service of the Russian Federation. <http://www.gks.ru/>
13. Hayflick L. Entropy explains aging, genetic determinism explains longevity, and undefined terminology explains misunderstanding both. *PLoS genet.* 2007; 3: 220–4.
14. Dontsov V.I., Krut'ko V.N. General system theory of aging. *Sistemnyj analiz i upravlenie v biomedicinskih sistemah.* 2012; 4: 657–63 (in Russian).
15. Krut'ko V.N. Medico-demographic problems of Russia: on the way to “health building system”. *Problemy teorii i praktiki upravleniya.* 2017; 1: 26–36 (in Russian).
16. OECD Ageing and Employment Policies. OECD. <http://www.oecd.org/employment/ageingandemploymentpolicies.htm>.
17. Bloom E. D. Demographic Upheaval. *Finance Develop.* 2016; 53(1): 6–11.
18. Barbashova E.V., Konkin V.A., Shemetov V.G. Public health in the assessment of quality of labour potential: a regional perspective. *Regional'nye issledovaniya.* 2019; 1(63): 75–85 (in Russian).
19. Krut'ko V.N., Dontsov V.I., Khalyavkin A.V., Markova A.N. Natural aging as a sequential poly-systemic syndrome. *Front Biosci (Landmark Ed).* 2018; 23: 909–20. DOI: 10.2741/4624
20. Dontsov V.I. Changes of mortality and aging rate in the second half of the twentieth century in Russia. *Zdravoohranenie Rossijskoj Federacii.* 2019; 63(1):42–7 (in Russian).
21. Maksimova T.M., Babanskaya E.B., Kalugin A.N. Assessment of the health status of elderly people in the conditions of the health center. *Profilakticheskaja medicina.* 2015; 18(2–2): 70–1.
22. Barbashov E.V., Konkin V.A., Shemetov V.G. Public health in the assessment of quality of labour potential: a regional perspective. *Regional'nye issledovaniya.* 2019; 1(63): 75–85 (in Russian).
23. Kishkun A.A. *Biologicheskij vozrast i starenie: vozmozhnosti opredeleniya i korrekcii.* M.: GEOATAR-Media; 2008 (in Russian).
24. Yureneva S.V., Dubrovina A.V. The evolution of the MGT objectives. From the treatment of hot flushes to new horizons of cardiometabolic protection. *Akusherstvo i Ginekologiya.* 2018; 6: 18–24 (in Russian).

REFERENCES

1. Bogomolova Yu.I. Labor potential as a key category of labor Economics: content, factors, functions. *Gumanitarnye, social'no-jekonomicheskie i obshchestvennye nauki.* 2018; 12: 219–24 (in Russian).
2. Turdubaev S.K., Kenenbayeva Z.M., Kadyrov Sh.G. The nature and content of the concepts of labour potential and labour resources. *Sovremennye fundamental'nye i prikladnye issledovaniya.* 2019; 1(32): 87–90. (in Russian).
3. Malinin A.M., Andreeva A.D. Regional labour market: transformation of human potential, labour potential and human capital. *Components of Scientific and Technological Progress.* 2017; 1(31): 30–4.
4. Marginson S. Limitations of human capital theory. *Studies in Higher Education.* 2019; 44(2): 287–301. DOI 10.1080/03075079.2017.1359823

25. Lisabeth L., Beiser A., Brown D., Murabito J., KellyHayes M. Age at natural menopause and risk of ischemic stroke: the Framingham heart study. *Stroke*. 2009; 40: 1044–9.
26. Muka T., Oliver-Williams C., Kunutsor S. Association of age at onset of menopause and time since onset of menopause with cardiovascular outcomes, intermediate vascular traits, and all-cause mortality: a systematic review and meta-analysis. *JAMA Cardiol*. 2016; 1: 767–76.
27. Tomnyuk N.D., Spiridonov V.A., Munin M.A., Danilina E.P. Osteoporosis — a disease of the skeleton people of elderly and senile age. *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij*. 2020; 1: 47–51 (in Russian).
28. Weyand C.M., Goronzy J.J. Aging of the immune system. Mechanisms and therapeutic targets. *Annals American Thoracic Society*. 2016; 13: 422–8. DOI: 10.1513/AnnalsATS.201602-095AW
29. Hartaigh B.O., Allore H.G., Trentalange M., McAvay G., Pilz S., Dodson J.A. et al. Elevations in time-varying resting heart rate predict subsequent all-cause mortality in older adults. *Eur J Prev Cardiol*. 2015; 22: 527–34. DOI: 10.1177/2047487313519932
30. Chen Z., Huang B., Lu H., Zhao Z., Hui R. Zhang S. et al. The effect of admission serum potassium levels on in-hospital and long-term mortality in type A acute aortic dissection. *Clin Biochem*. 2007; 50: 843–50. DOI: 10.1016/j.clinbiochem.2017.05.008
31. Luna J.M., Moon Y.P., Liu K.M., Spitalnik S., Paik M.C., Cheung K. et al. High-sensitivity c-reactive protein and interleukin-6 — dominant inflammation and ischemic stroke risk: the northern Manhattan study. *Stroke*. 2014; 45:979–87. DOI: 10.1161/STROKEAHA.113.002289
32. Dutta A., Henley W., Pilling L.C., Wallace R.B., Melzer D. Uric acid measurement improves prediction of cardiovascular mortality in later life. *J Am Geriatr Soc*. 2013; 61: 319–26. DOI: 10.1111/jgs.12149
33. Hussein A.A., Gottdiener J.S., Bartz T.M., Sotoodehnia N., DeFilippi C., See V. et al. Inflammation and sudden cardiac death in a community-based population of older adults: the cardiovascular health study. *Heart Rhythm*. 2013; 10: 1425–32. DOI: 10.1016/j.hrthm.2013.07.004
34. Bailey S.E.R., Ukoumunne O.C., Shephard E.A., Hamilton W. Clinical relevance of thrombocytosis in primary care: a prospective cohort study of cancer incidence using English electronic medical records and cancer registry data. *Br J Gen Pract*. 2017; 67: e405–13. DOI: 10.3399/bjgp17X691109.
35. Kanda Y., Osaki M., Okada F. Chemopreventive strategies for inflammation-related carcinogenesis: current status and future direction. *IJMS*. 2017; 18: 867. DOI: 10.3390/ijms18040867.
36. Dehai C., Bo P., Qiang T., Lihua S., Fang L. Shi J. et al. Enhanced invasion of lung adenocarcinoma cells after coculture with THP-1 — derived macrophages via the induction of EMT by IL-6. 2014. *Immunol Lett*. 2014; 160: 1–10. DOI: 10.1016/j.imlet.2014.03.004.
37. Perseghin G., Calori G., Lattuada G., Ragogna F., Dugnani E., Garancini M.P. et al. Insulin resistance/hyperinsulinemia and cancer mortality: the Cremona study at the 15th year of follow-up. *Acta Diabetol*. 2012; 49: 421–8. DOI: 10.1007/s00592-011-0361-2.
38. Cerhan J.R., Moore S.C., Jacobs F.J., Kitahara C.M., Rosenberg P.S. Adami H.O. et al. A Pooled Analysis of Waist Circumference and Mortality in 650,000 Adults. *Mayo Clin Proc*. 2014; 89: 335–45. DOI: 10.1016/j.mayocp.2013.11.011.
39. Batin M., Veremeenko D. Diagnosis of aging: the relationship of biological parameters with life expectancy. Electronic edition. Moscow; 2018. <https://nestarenie.ru/Diagnostika.pdf> (in Russian).
40. Grube K., Bürkle A. Poly(ADP-ribose) polymerase activity in mononuclear leukocytes of 13 mammalian species correlates with species-specific life span. *Proc Natl Acad Sci USA*. 1992; 89(24): 11759–63. DOI: 10.1073/pnas.89.24.11759.
41. Bocharova O.N. Causal relationship of environmentally dependent diseases with the aging process. *Central'nyj nauchnyj vestnik*. 2018; 3(1): 8 (in Russian).
42. Melnichenko P.I., Ermakova N.A., Prokhorov N.I., Matveev A.A., Kochina E.V. Biological age as an assessment and criterion of the state of health of students. *Zdorov'e naselenija i sreda obitanija*. 2017; 2(287): 15–7 (in Russian).
43. Posmetieva O.S., Zuikova A.A. Assessment of morbidity with temporary disability at the therapeutic site. *Central'nyj nauchnyj vestnik*. 2017; 2 (20): 9–10 (in Russian).
44. Sanderson W.C., Scherbov S. Faster Increases in Human Life Expectancy Could Lead to Slower Population Aging. *PLoS ONE*. 2015; 10(4): e0121922. DOI: 10.1371/journal.pone.0121922
45. The Human Mortality Database. Available 1.03.2020 at: <http://www.mortality.org>.
46. Prokhorov N.I., Dontsov V.I., Krutko V.N., Khodykina T.M. Biological age as a method of assessing the level of health in the presence of environmental risks. *Gigiena i sanitarija*. 2019; 98(7): 761–5. DOI: 10.18821/0016-9900-2019-98-7-761-765 (in Russian).
47. Djomin A.V., Kriveckij V.V., Fesenko V.V. Features of quality of life of men of older age groups with different rates of aging. *Fundamental'nye issledovanija*. 2012; 72: 296–9. (in Russian).
48. Bashkireva A.S. Assessment of accelerated aging truck drivers on the model of biological age on physical performance indicators. *Uspekhi gerontologii*. 2012; 25(4): 709–17. (in Russian).
49. Krut'ko V.N., Dontsov V.I., Zahar'jashheva O.V., Kuznetsov I.A., Mamikonova O.A., Pyrvu V.V. et al. Biological age as an indicator of the level of health, aging, and environmental well-being of the person. *Aviakosmicheskaja i jekologicheskaja medicina*. 2014; 48(3): 2–19 (in Russian).
50. Kusjakova R.F. Physical activity and biological age. *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal*. 2016; 8–5(50): 42–44. DOI: 10.18454/IRJ.2016.50.107 (in Russian).
51. Artem'eva N.K., Stepurenko V.V., Abakumova M.V. The relationship between the adequacy of nutrition and parameters of the biological age of athletes of high qualification. *Resursy konkurentosposobnosti sportsmenov: teorija i praktika realizacii*. 2015; 3:7–9 (in Russian).

Физиологические методики в изучении «пассивных» промышленных экзоскелетов спины и нижних конечностей

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт нормальной физиологии им. П.К. Анохина», ул. Балтийская, 8, Москва, 125315

В выборке из 566 работ, связанных с применением пассивных индустриальных экзоскелетов спины и нижних конечностей, используется ограниченное число физиологических методов. Наиболее часто (~56%) применяется электромиография. В большинстве случаев смысл применения физиологических методов концептуально связан с оценкой снижения нагрузки на мышцы, изучением параметров двигательной активности у человека в экзоскелете. Малоиспользуемым направлением остается изучение центральных влияний, обусловленных применением данного типа устройств.

Ключевые слова: экзоскелет; функциональное состояние; электромиография; профилактика рисков; методика оценки; влияние

Для цитирования: Бабанов Н.Д., Кубряк О.В. Физиологические методики в изучении «пассивных» промышленных экзоскелетов спины и нижних конечностей. *Мед. труда и пром. экол.* 2020; 60 (5). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-5-318-328>

Для корреспонденции: Кубряк Олег Витальевич, зав. лаб. физиологии функциональных состояний человека ФГБНУ «Научно-исследовательский институт нормальной физиологии им. П.К. Анохина», д-р биол. наук. E-mail: o.kubryak@nphys.ru

Финансирование. Исследование не имело финансовой поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Дата поступления: 19.03.2020 / **Дата принятия к печати:** 20.04.2020 / **Дата публикации:** 18.05.2020

Nikita D. Babanov, Oleg V. Kubryak

Physiological methods in the study of “passive” industrial exoskeletons of the back and lower extremities

P.K. Anokhin Research Institute of Normal Physiology, Moscow, Russian Federation, 125315

A limited number of physiological methods are used in a sample of 566 studies related to the use of passive industrial exoskeletons of the back and lower extremities. Electromyography is used most often (~56%). In most cases, the meaning of using physiological methods is conceptually related to the assessment of reducing the load on the muscles, studying the parameters of motor activity in a person in an exoskeleton. The study of the general influences caused by the use of this type of device remains a little-used direction.

Keywords: exoskeleton; functional state; electromyography; risk prevention; assessment methodology; impact

For citation: Babanov N.D., Kubryak O.V. Physiological methods in the study of “passive” industrial exoskeletons of the back and lower extremities. *Med. труда i prom. ecol.* 2020; 60 (5). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-5-318-328>

For correspondence: Oleg V. Kubryak, head of the laboratory of physiology of human functional states of Anokhin Research Institute of Normal Physiology, Dr. of Sci. (Biol.). E-mail: o.kubryak@nphys.ru

ORCID: Babanov N.D. 0000-0003-0999-8818, Kubryak O.V. 0000-0001-7296-5280

Funding. The study had no funding.

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

Received: 19.03.2020 / **Accepted:** 20.04.2020 / **Published:** 18.05.2020

Введение. Интерес к средствам, повышающим двигательные возможности человека, всегда являлся одним из ведущих мотивов для исследований в спорте, медицине труда, медицинской реабилитации, геронтологии и других. На современном уровне развития технологий широко обсуждаемым техническим решением, от которого ожидают существенной пользы — при погрузочно-разгрузочных работах, переносе тяжестей на большие расстояния, ручном труде в промышленных процессах [1], а также в медицинской реабилитации [2] — являются экзоскелеты [3,4]. К экзоскелетам обычно относят закрепляемые на теле и конечностях человека силовые конструкции, принимающие на себя часть нагрузки. Современный уровень производства позволяет, используя новые методы (например, 3D-печать из биосов-

Introduction. Interest in the means that increase human motor capabilities has always been one of the leading motives for research in sports, occupational health, medical rehabilitation, gerontology, and others. At the modern level of technology development, exoskeletons are a widely discussed technical solution that is expected to be of significant use — for loading and unloading operations, long-distance weight transfer, manual labor in industrial processes [1], as well as in medical rehabilitation [2–4]. Exoskeletons usually include power structures that are attached to the body and limbs of a person and take part of the load. The modern level of production allows us to create complex kinematic systems using new methods (for example, 3D printing from biocompatible PLA-plastics [5]). Their properties are designed to promote

местимых PLA-пластиков [5]), создавать сложные кинематические системы. Их свойства конструируются так, чтобы содействовать физиологически верным движениям нижних [6] и верхних [7] конечностей человека, «усилить» естественный опорно-двигательный аппарат. При наличии движителя экзоскелеты называют «активными» [8] или, если движитель отсутствует, то «пассивными» [9]. Пассивные экзоскелеты могут включать механизмы, накапливающие потенциальную энергию, например, пружины. Как правило, такие устройства используют фазу сгибания конечности во время движения человека для накопления и освобождают накопленную энергию во время разгибания. Или просто обеспечивают облегчение статических нагрузок, например, при вынужденных позах. Пассивные системы обычно имеют не большой вес, но при этом обеспечивают повышение эффективности при выполнении физической работы [10].

Сегодня существует большое число решений, нацеленных на повышение силы [11], снижение нагрузки [12], медицинскую реабилитацию как в России [13], так и за рубежом [14]. В этой связи актуализируются вопросы изучения физиологических влияний, «медицинских эффектов» от применения экзоскелетов [15]. Проводятся различные исследования, нацеленные на использование биосигналов (от пользователя) для управления устройством. Варианты формулировок целей исследований: изучение реабилитационных эффектов для функции ходьбы [16]; исследование кортикальных процессов методом электроэнцефалографии (ЭЭГ) в различных условиях ходьбы для классификации типов походки [17]; исследование нейронных процессов декодирования человеческой походки в среде виртуальной реальности с обратной связью [18]; исследование переходных процессов с помощью поверхностной электромиографии (ЭМГ) [19].

По мере распространения экзоскелетов и роста их разнообразия, актуализируются проблемы стандартизации. В том числе, востребованы рекомендации для логичных и надежных способов медико-биологических испытаний с использованием физиологических методик: ЭМГ, ЭЭГ, стабилотрии и других. В России отдельные меры стандартизации только начинают разрабатываться, например, в рамках Технического Комитета 320 Росстандарта — для промышленных экзоскелетов. Выбор физиологических методик, целеполагание и корректное проведение исследований являются важной частью работ по определению реального места и адекватного внедрения любых типов экзоскелетов в практику. На материале, связанном с известными промышленными экзоскелетами, подготовлен краткий обзор, цель которого связана с ориентирующим описанием обычно применяемых сегодня физиологических методик.

Материалы и методы исследования. Применялся контент-анализ релевантных публикаций. Отбор работ базировался на предлагаемых классификациях [20] — анализировались журнальные статьи, где изучались устройства, определяемые как «пассивные экзоскелеты». Подготовка обзора включала три этапа.

На первом была выбрана база серийно выпускаемых промышленных пассивных экзоскелетов — каталог «Exoskeleton Report» [21]. Выбор этого ресурса связан с его самоопределением как «полностью волонтерской организации, специализирующейся на экзоскелетах», независимой от производителей устройств. В качестве релевантных были выбраны 14 устройств (рис. 1).

На втором этапе с помощью сервиса «Гугл Академия» (Google Scholar) анализировался массив тематических

physiologically correct movements of the lower [6] and upper [7] human limbs, “strengthen” the natural musculoskeletal system. In the presence of a propellant, exoskeletons are called “active” [8] or, if there is no propellant, “passive” [9]. Passive exoskeletons can include mechanisms that store potential energy, such as springs. Typically, such devices use the flexion phase of the limb during human movement to accumulate and release stored energy during extension. Or simply provide relief from static loads, for example, when forced poses. Passive systems are usually not very heavy, but they provide an increase in efficiency when performing physical work [10].

Today, there are a large number of solutions aimed at increasing strength [11], reducing the load [12], and medical rehabilitation both in Russia [13] and abroad [14]. In this regard, the issues of studying the physiological effects, “medical effects” from the use of exoskeletons are updated [15]. Various studies are being conducted aimed at using biosignals (from the user) to control the device. The wording of the objectives of the research: to study the rehabilitation effects for the walking functions [16]; research of cortical processes using electroencephalography (EEG) in various walking conditions for classification of gait types [17]; research of neural processes of decoding human gait in a virtual reality environment with feedback [18]; research of transient processes using surface electromyography (EMG) [19].

With the spread of exoskeletons and the growth of their diversity, the problems of standardization become more relevant. We believe that recommendations are in demand for logical and reliable methods of biomedical testing using physiological techniques: EMG, EEG, stabilometry, and others. In Russia, separate standardization measures are just beginning to be developed, for example, within the framework of the Technical Committee 320 of Rosstandart — for industrial exoskeletons. The choice of physiological methods, goal setting and correct research are an important part of the work to determine the real place and adequate implementation of any types of exoskeletons in practice. Based on the material associated with well-known industrial exoskeletons, a brief review has been prepared, the purpose of which is related to the orienting description of commonly used today physiological techniques.

Materials and methods of research. Content analysis of relevant publications was used. The selection of papers was based on the proposed classifications [20] — measures are just beginning to be developed magazine articles were analyzed, where devices defined as “passive exoskeletons” were studied. The review was prepared in three stages.

At the first stage, a database of commercially produced industrial passive exoskeletons was selected — the “Exoskeleton Report” catalog [21]. The choice of this resource is related to its self-determination as a “fully volunteer organization specializing in exoskeletons”, independent of device manufacturers. 14 devices were selected as relevant (Figure 1).

At the second stage, the Google Scholar service was used to analyze an array of thematic publications up to 2015, concerning all the devices found at the first stage. In the found publications there were those in which there is research using physiological methods. The main search areas are: electromyography (EMG), cardiorythmography, heart rate monitoring, gyroscopy, stabilometry, plantography, ergospirometry, motion visualization. The choice was based on implicit knowledge and subsequent visual identification of keywords in PubMed publications using the “Similar articles” option for biomedical articles using exoskeletons. 566 relevant publications were identified. Then the total number of references to a particular

публикаций глубиной до 2015 г., касающийся всех найденных на первом этапе устройств. В найденных публикациях находились те, в которых есть проведение исследований с помощью физиологических методик. Основные направления для поиска: электромиография (ЭМГ), кардиоритмография, пульсометрия, гироскопия, стабилметрия, плантография, эргоспирометрия, визуализация движений. Выбор был обусловлен имплицитным знанием и последующим визуальным выявлением ключевых слов в публикациях базы PubMed с помощью опции «похожие публикации» (Similar articles) для биомедицинских статей с применением экзоскелетов. Было установлено 566 релевантных публикаций. Далее в найденных работах подсчитывалось общее количество упоминаний конкретного устройства, затем проводилась селекция источников по каждому из вышеописанных методов. Так как отбор проводился по ключевым словам, то возможно упоминание нескольких разных методов в одном источнике. Схема представлена на рисунке. То есть исследовалось число упоминаний различных физиологических методик применительно к каждому найденному устройству.

Третий (обобщающий) этап включал свободный ознакомительный поиск дополнительных источников в базах PubMed, Российской Государственной Библиотеки, «Киберленинке» и Научной электронной библиотеке (elibrary.ru), связанных с дополнением и обсуждением полученных данных — для поиска использовались ключевые слова, связанные с материалом, полученным на предыдущих этапах.

Результаты и обсуждение. На рисунке 1 схематически изображен процесс поиска и отбора публикаций по каждому из производителей. В скобках указано количество статей, в которых есть упоминание выделенного метода.

Наиболее часто применяемой методикой в анализируемом массиве публикаций оказалась поверхностная ЭМГ — 56% из описанных физиологических методик. На втором месте по распространенности — силовые платформы, 12%. Стоит отметить, что для некоторых производителей (например, *Fortis* и *Chairless Chair*) характерно очень широкое использование данного метода в своих работах, что может создавать некоторый «перекос» для доли этого метода. Остальные методы имели примерно одинаковую частоту появления в научных публикациях, как правило, 6–10%. Наименее упоминаемым в выборке был метод эргоспирометрии — примерно 1%. Абсолютные значения приведены на рисунке 1. Таким образом, в прошедшее пятилетие лидирующей физиологической методикой при исследовании взаимодействия человека с «пассивными» экзоскелетами можно считать поверхностную ЭМГ.

Объяснение выбора исследователями выявленных методик, скорее всего, связано с уровнем сознательно применяемых физиологических и биомеханических концепций, объясняющих смысл и возможную физиологическую эффективность экзоскелета. Прежде всего, сегодня имеют хождение биомеханические и кибернетические модели, заложенные в середине и конце XX века. Например, идеи представления вертикально стоящего человека как «перевернутого маятника» [22] — в разных вариантах [23]. Кроме таких механистических взглядов на регуляцию позы, очевидно влияние системных идей Н.А. Бернштейна [24], более известных на Западе из советского наследия.

Предложенная Н.А. Бернштейном теория [25] описывала уровни построения движения, предполагая вовлечен-

device was calculated in the found works, and then the sources were selected for each of the methods described above. Since the selection was based on keywords, it is possible to mention several different methods in the same source. The diagram is shown in the figure. In other words, the number of mentions of various physiological techniques in relation to each device found was investigated.

The third (generalizing) stage included a free introductory search for additional sources in the databases of PubMed, the Russian State Library, Cyberleninka, and the Scientific electronic library (elibrary.ru), related to the addition and discussion of the obtained data — keywords related to the material obtained in the previous stages were used for the search.

Results and discussion. Figure 1 schematically shows the process of searching and selecting publications for each of the manufacturers. The number of articles that mention the selected method is shown in parentheses.

The most frequently used method in the analyzed array of publications was surface EMG — 56% of the described physiological methods. Power platforms are the second most common, with 12%. It is worth noting that some manufacturers (for example, *Fortis* and *Chairless Chair*) are characterized by a very wide use of this method in their work, which may create a certain “bias” for the share of this method. The other methods had approximately the same frequency of appearance in scientific publications, usually 6–10%. The least mentioned method in the sample was ergospirometry-about 1%. The absolute values are shown in Figure 1. Thus, in the past five years, the leading physiological method for studying human interaction with “passive” exoskeletons can be considered surface EMG.

The explanation of the researchers' choice of the identified methods is most likely related to the level of consciously applied physiological and biomechanical concepts that explain the meaning and possible physiological effectiveness of the exoskeleton. First of all, biomechanical and cybernetic models that were established in the middle and end of the XX century are in use today. For example, the idea of representing a vertically standing person as an “inverted pendulum” [22] — in different versions [23]. In addition to such mechanistic views on the regulation of posture, the influence of N. A. Bernstein's system ideas is obvious [24], better known in the West from the soviet heritage.

The theory proposed by N. A. Bernstein [25] described the levels of movement construction, assuming the involvement of various levels of the central nervous system in regulation. For example, according to such views, effects on the thalamo-pallidar level — analysis of proprioceptive signaling, when using an exoskeleton, can probably contribute to the transmission of different from natural information, which, in turn, can affect the nature of efferent synthesis and, as a result, changes in muscle activity. As well as the well-known ideas of P.K. Anokhin [26], these concepts, we believe, represent biological adaptations of a more formalized theory of automatic control, future cybernetic concepts. In turn, this contributes to better acceptance by engineers who design exoskeletons. Industrial exoskeletons are designed to increase efficiency, productivity and safety by affecting human motor capabilities. Purposeful movement of a person is closely related to postural regulation, during which the necessary “program” of the required movement is formed. Reflex arcs that pass through the spinal cord are neural circuits that respond to afferent signaling. Such responses may be the basis of a set of stereotypical move-

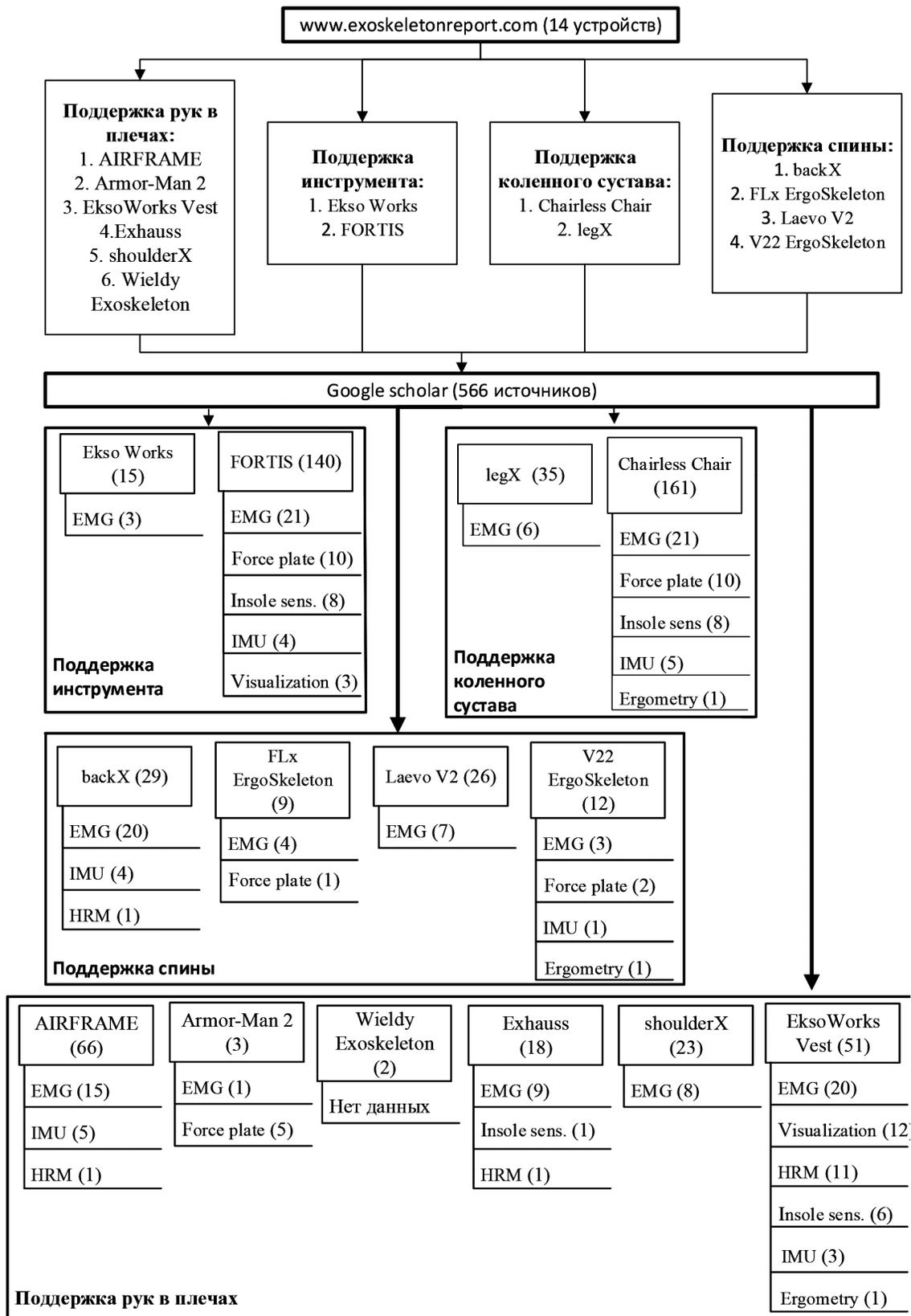


Рис. 1. Схема поиска и селекции релевантных публикаций в системе «Гугл Академия» в связи с конкретными техническими решениями. Используются оригинальные английские названия устройств и методик (пояснение в тексте).

Fig. 1. Scheme of search and selection of relevant publications in the Google Academy system in connection with specific technical solutions. The original English names of devices and methods are used (explanation in the text).

ность различных уровней центральной нервной системы в регуляцию. Например, согласно таким взглядам, влияния на таламо-паллидарный уровень — анализ проприоцептивной сигнализации при использовании экзоскелета, вероятно, может способствовать передаче отличной от естественной информации, что, в свою очередь, может повлиять на характер эфферентного синтеза и, как следствие, на изменение мышечной активности. Также как и широко известные идеи П.К. Анохина [26]. Эти концепции представляют собой биологические адаптации более формализованной теории автоматического управления, будущих кибернетических концепций. В свою очередь, это способствует лучшему принятию их инженерами, проектирующими экзоскелеты. Промышленные экзоскелеты предназначены для повышения эффективности, производительности и безопасности труда путем влияния на двигательные возможности человека. Целенаправленное движение человека тесно связано с позной регуляцией, во время которой формируется необходимая «программа» потребного движения. Рефлекторные дуги, проходящие в спинном мозге, представляют из себя нейронные цепи, отвечающие на афферентную сигнализацию. Такие ответы могут лежать в основе набора стереотипных движений [27]. Изменение нейронной активности, в зависимости от выполняемой «программы», регулирует начало или окончание движения. То есть наличие дополнительных технических средств здесь может приводить к изменению функциональных состояний человека, за счет развития адаптаций к новым условиям. Влияния экзоскелета, очевидно, имеют физиологические эффекты, что подразумевает возможность объективной оценки состояний человека. Наличие возможных взаимосвязей между оцениваемыми количественными параметрами может предоставить базу для системной оценки, «физиологического качества» разрабатываемых устройств.

Что касается конкретных экзоскелетов, практики их изучения, можно отметить, например, российский *ExoChair* [28], прошедший апробацию в областной клинической больнице Ростова-на-Дону. Устройство, представляющее из себя систему разгрузки мышц ног и спины, помогло хирургу провести операцию длительностью 12 часов. По сообщению пресс-службы «Северстали» [29], компания «Воркутауголь» провела испытания экзоскелета, созданного в «Норильском никеле». Устройство позволяет переносить груз весом до 60 килограммов. Как следует из проведенного анализа, оценкой подобных устройств занимается много зарубежных лабораторий. При применении экзоскелета *Chairless Chair* наблюдались изменения функциональных состояний добровольцев [30]. Помимо субъективной оценки (с помощью опросника), применялся метод эргоспирометрии под нагрузкой на беговой дорожке, а также во время задач, имитирующих профессиональную деятельность. Благодаря устройству значительно снижалась нагрузка на мышцы во время проведения работ и улучшались показатели эргоспирометрии. Однако конструктивные особенности нередко влияют на субъективное восприятие устройства. Например, опрос показал низкий уровень ощущения безопасности во время перемещения и появление отвлекающего шума от устройства. Одной из причин, авторы статьи считают отсутствие предварительного обучения. Можно предполагать, что необходимость адаптации к изменившемуся контролю баланса тела, могут снижать ощущение безопасности. Наоборот, лежащие в основе сохранения вертикальной позы нейронные механизмы, связанные с угрозой, могут повлиять на

ments [27]. The change in neural activity, depending on the “program” being executed, regulates the beginning or end of the movement. That is, the presence of additional technical means here can lead to changes in the functional state of a person, due to the development of adaptations to new conditions. The effects of the exoskeleton obviously have physiological effects, which implies the possibility of an objective assessment of human conditions. The presence of possible relationships between the estimated quantitative parameters can provide a basis for a systematic assessment of the “physiological quality” of the devices being developed.

As for specific exoskeletons and the practice of studying them, we can note, for example, the Russian *ExoChair* [28], which was tested at the regional clinical hospital of Rostov-on-don. The device, which is a system for unloading the muscles of the legs and back, helped the surgeon to perform an operation lasting 12 hours. According to the press service of Severstal [29], “Vorkutaugol” has tested an exoskeleton created in “Norilsk Nickel”. The device allows you to carry a load weighing up to 60 kilograms. As follows from the analysis, many foreign laboratories are engaged in evaluating such devices. When using the exoskeleton of the Chairless Chair, changes in the functional states of volunteers were observed [30]. In addition to the subjective assessment (using a questionnaire), the method of ergospirometry was used under load on a treadmill, as well as during tasks that simulate professional activity. Thanks to the device, the load on the muscles during the work was significantly reduced and the ergospirometry indicators improved. However, design features often affect the subjective perception of the device. For example, the survey showed a low sense of security while moving and the appearance of distracting noise from the device. One of the reasons, the authors of the article consider the lack of preliminary training. It can be assumed that the need to adapt to the changed balance control of the body may reduce the feeling of security. Conversely, the threat-related neural mechanisms underlying vertical posture retention may affect balance control and increase the sensitivity of the sensory systems involved in balance, which may lead to increased muscle responses in the lower extremities and in the trunk muscles [31,32]. This reaction can probably have consequences in metabolic processes, since there is a need to overcome additional resistance on the part of the device and implement a new motor program [33]. A similar study was conducted with the Dutch exoskeleton Laevo [34]. During the study, bioelectric signals of the muscles of the back, abdomen and legs were recorded during a long-bent position with the body tilted forward. The index of muscle tension decreased by 35%, as well as the feeling of discomfort in the lower back when wearing an exoskeleton, increased the endurance time when maintaining a pose on average from 3 to 9 minutes. At the same time, there was discomfort in the chest area, which can affect long-term wear of the device. There are large differences in the ability of skeletal muscles when they change their length, and when they are static [35]. One hypothesis states that increasing the stiffness of the muscle in a relaxed state helps it maintain stability against external forces that occur unexpectedly [36]. There is a specific behavior of the muscles — thixotropy. With increased muscle activity, greater stability is no longer required, so muscle stiffness is reduced due to

контроль баланса и повысить чувствительность сенсорных систем, участвующих в балансе, что может привести к увеличению мышечных реакций нижних конечностей и в мышцах туловища [31,32]. Такая реакция, вероятно, может иметь последствия в метаболических процессах, так как возникает необходимость в преодолении дополнительного сопротивления со стороны устройства, реализации новой двигательной программы [33].

Похожее исследование проводилось с нидерландским экзоскелетом *Laevo* [34]. Во время исследования регистрировались биоэлектрические сигналы мышц спины, живота и ног при длительном согнутом положении с наклоном корпуса вперед. На 35% снизился показатель напряжения мышц, также снизилось ощущение дискомфорта в пояснице при ношении экзоскелета, увеличилось время выносливости при поддержании позы в среднем с 3 до 9 минут. В тоже время, отмечался дискомфорт в области грудной клетки, что может сказываться при длительном ношении устройства.

Существуют большие различия в способности скелетных мышц, когда они изменяют свою длину, и когда они статичны [35]. Одна из гипотез утверждает, что повышение жесткости мышцы в расслабленном состоянии помогает ей поддерживать устойчивость против внешних сил, возникающих неожиданно [36]. Возникает специфическое поведение мышц — тиксотропия. При повышении активности мышцы большая стабильность уже не требуется, поэтому жесткость мышцы уменьшается благодаря эффекту тиксотропии. Таким образом, возможность снизить напряжение мышц нижних конечностей, вероятно, может способствовать улучшению постурального контроля при использовании экзоскелета при длительных статичных нагрузках.

По шкалам индивидуального восприятия нагрузки Борга и шкалам Лайкерта, а также с помощью датчиков *Kinect* оценивалось влияние полужесткого американского экзоскелета *ErgoSkeleton* на пользователя [37]. Задача состояла в подъеме коробки весом 10% и 20% веса испытуемого. Производился видео захват движений для оценки биомеханики движений. Показано, что по субъективному ощущению при 20% нагрузке усилие воспринимается меньше, чем при 10%. Отмечается возможность несущественного увеличения нагрузки на коленный сустав в течение длительного времени при подъеме большего веса. Для облегчения схвата коробки используются дополнительные фиксирующие тросы на руках. При использовании такого устройства без тросов меньше ухудшается биомеханика коленного и тазового суставов. При возникновении боли в коленном суставе уменьшается мышечная активность мышц бедра во время походки, подъема по лестнице и движении вперед. Кроме того, боль в колене влияет на спинномозговой рефлекс и скорость возбуждения двигательных нейронов четырехглавой мышцы бедра [38].

Для оценки влияния экзоскелетов на облегчение работы при поднятых руках проведено наблюдение с использованием пассивного экспериментального экзоскелета, состоящего из трех сегментов: спина, поддержка для каждой из рук [39]. Участники исследования в течение 30 секунд удерживали над головой груз на фиксированной высоте. Регистрировались показания сигналов ЭМГ двухглавой мышцы плеча и дельтовидной мышцы. Для субъективной оценки использовалась шкала Борга, местное восприятие давления и шкалы удобства использования. Показано, что для мышц бицепса руки нагрузка снизилась на 49%, для дельтовидной мышцы на 62%. Половина участников исследования оценила удобство ис-

the thixotropy effect. Thus, the ability to reduce muscle tension in the lower extremities can probably contribute to improved postural control when using an exoskeleton under prolonged static loads. The effect of the semi-rigid American *ErgoSkeleton* exoskeleton on the user was evaluated using the individual Borg load perception scales and Likert scales, as well as *Kinect* sensors [37]. The task was to lift the box weighing 10% and 20% of the weight of the subject. Video capture of movements was performed to evaluate the biomechanics of movements. It is shown that according to the subjective feeling at 20% of the load, the force is perceived less than at 10%. There is a possibility of insignificant increase in the load on the knee joint for a long time when lifting more weight. To facilitate the grip of the box, additional fixing cables are used on the hands. When using such a device without cables, the biomechanics of the knee and pelvic joints deteriorates less. When pain occurs in the knee joint, the muscle activity of the hip muscles decreases during gait, climbing stairs and moving forward. In addition, knee pain affects the spinal reflex and the rate of excitation of motor neurons of the quadriceps femur [38]. To assess the effect of exoskeletons on the facilitation of work with raised arms, an observation was made using a passive experimental exoskeleton consisting of three segments: the back, support for each of the arms [39]. Participants in the study held a load above their head at a fixed height for 30 seconds. Readings of EMG signals of the biceps and deltoid muscles were recorded. The Borg scale, local pressure perception, and usability scales were used for subjective evaluation. It is shown that for the biceps muscles of the arm, the load decreased by 49%, for the deltoid muscle by 62%. Half of the study participants rated the device's usability as acceptable. A subjective assessment showed that the subjects' weight was perceived to be lower than the real one, as well as the pressure on their hands. The authors of the study note that this type of exoskeleton in the absence of additional weight did not significantly affect the increase in muscle activity of the legs and trunk, which would indicate an increase in load. At the same time, the question of improving the ergonomics of the device and optimizing the weight and size remains open. A similar study was conducted with the *EksoVest* exoskeleton [40], which is a similar device to the American *Levitator Airframe*, which was tested at the BMW plant [41,42]. The task of the volunteers was to simulate professional activity at the factory. EMG readings from the anterior deltoid and middle deltoid muscles were recorded. The Borg scale was used for subjective evaluation. It was shown that the exoskeleton did not cause a strong feeling of discomfort. Muscle tension decreased by an average of 45%. The time required to complete tasks that simulate drilling has been reduced by 20%. However, there is an increase in errors during the simulation of professional activity. This behavior may be related to the user's lack of experience using these types of devices. The effect on the legs was not evaluated. Limitations in joint movements were also assessed. It shows a 30% reduction in pressure on the spine during professional activity. The speed of movement of the general center of pressure in the anterior-posterior direction increased by 12%, which indicates a decrease in postural control in the sagittal plane. The area of movement of the shoulder joint decreased by 10%.

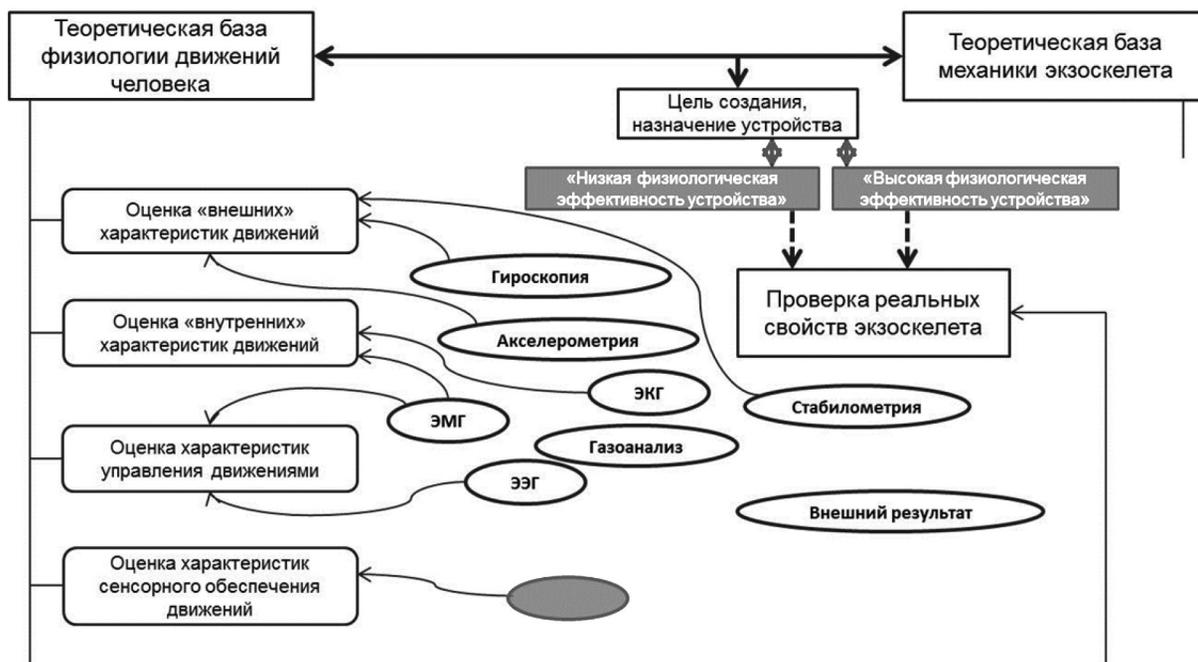


Рис. 2. Фрагмент упрощенной «когнитивной карты» применения физиологических методов в оценке свойств экзоскелетов. Пояснения в тексте.

Fig. 2. A fragment of a simplified “cognitive map” of the application of physiological methods in assessing the properties of exoskeletons. Explanations in the text.

пользования устройства как приемлемое. Субъективная оценка показала, что у испытуемых вес воспринимался ниже реального, так же, как и давление на руки. Авторы исследования отмечают, что такой вид экзоскелета при отсутствии дополнительного веса не оказывал значительного влияния на увеличение мышечной активности ног и туловища, что свидетельствовало бы об увеличении нагрузки.

В тоже время остается открытым вопрос об улучшении эргономики устройства и оптимизации веса и размеров. Аналогичное исследование проведено с экзоскелетом EksoVest [40], являющийся схожим устройством с американским Levitate Airframe, прошедший апробацию на заводе BMW [41,42]. Задача добровольцев заключалась в имитации профессиональной деятельности на заводе. Регистрировались показания ЭМГ с передних дельтовидных мышц и средних дельтовидных мышц. Для субъективной оценки использовалась шкала Борга. Показано, что экзоскелет не вызывал ощущения сильного дискомфорта. Напряжение мышц снизилось, в среднем, на 45%. Время выполнения задач, имитирующих бурения, уменьшилось на 20%. Однако отмечается увеличение ошибок во время проведения имитации профессиональной деятельности. Возможно, такое поведение можно связать с отсутствием опыта у пользователя в использовании подобного рода устройств. Влияние на ноги не оценивалось. Также оценивались ограничения в движениях суставов. Показано снижение давления на позвоночник на 30% во время профессиональной деятельности. Поввысилась скорость движения общего центра давления в переднезаднем направлении на 12%, что указывает на снижение постурального контроля в сагитальной плоскости. Область движения плечевого сустава уменьшилась на 10%.

Возможное обобщение применения разных физиологических методик и других, отдельных описаний, примеров

A possible generalization of the application of various physiological techniques and other, separate descriptions, examples can be presented in the form of a fragment of a kind of “cognitive map” — Figure 2.

Figure 2 shows separate methods-EMG, ECS, stabilometry, and others that are often included in the protocols for evaluating the effects of exoskeleton use. The conditional definition of “physiological efficiency of the device” here is associated with compliance with the purpose of using the exoskeleton, for example, the degree of load reduction when manipulating a load. In this sense, the same device may have different degrees of efficiency for different tasks. This requires the development of special monitoring protocols even if the same method is used, for example, EMG [43].

Remain unexplored region concerning the central effects, multi-touch support. Analysis is usually limited to physiological parameters directly related to the kinematic properties of the exoskeleton. However, an important reserve for the growth of knowledge about the impact of the exoskeleton on a person, the applicability of the device in a case, is the search in these little-explored areas.

Conclusions:

1. Evaluation of impacts of industrial passive exoskeletons on functional state of a person is usually conditional on two areas — the study of relatively “external” and “internal” characteristics of movements that are associated with a certain “mechanism”, the adoption of simplified representations of man as a mechanical system. At the same time, the most common physiological method for studying the effects of the exoskeleton in the analyzed sample of publications is EMG.

2. An important reserve for the development of knowledge about the effects of exoskeletons on humans, improving the quality and functionality of devices is the study of the Central provision of posture and movement regulation. In this regard, new, little-used

можно представить в виде фрагмента своеобразной «когнитивной карты» — рисунок 2.

На рисунке 2 отмечены отдельные методики — ЭМГ, ЭКГ, стабилметрия и другие, часто входящие в протоколы оценки влияний от применения экзоскелетов. Условное определение «физиологическая эффективность устройства» здесь связывается с соответствием цели применения экзоскелета, например, степени снижения нагрузки при манипулировании грузом. Одно и то же устройство может в этом смысле иметь разную степень эффективности в случае разных задач. Это требует разработки специальных протоколов наблюдения даже в случае применения одного и того же метода, например, ЭМГ [43].

Малоисследованными остаются области, касающиеся центральных влияний, сенсорного обеспечения. Анализ обычно ограничивается прямо связанными с кинематическими свойствами экзоскелета физиологическими параметрами. Однако важным резервом для роста знаний о влиянии экзоскелета на человека, применимости устройства в том или ином случае, является поиск в указанных малоисследованных областях.

Выводы:

1. Оценка влияний промышленных «пассивных» экзоскелетов на функциональные состояния человека проводится обычно по двум условным направлениям — изучению условно «внешних» и «внутренних» характеристик движений, что связано с определенной «механистичностью», принятием упрощенных представлений о человеке как о механической системе. При этом наиболее распространенным физиологическим методом при исследовании влияний экзоскелета в анализируемой выборке публикаций является ЭМГ.

2. Важным резервом для развития знаний о влияниях экзоскелетов на человека, повышению качества и функциональности устройств является исследование центрального обеспечения регуляции позы и движений. В этой связи перспективными представляются новые, пока мало используемые физиологические подходы, а также разработка специфических протоколов с применяющимися способами регистрации физиологических сигналов для оценки экзоскелетов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Schmalz, T., Schändlinger, J., Schuler, M., Bornmann, J., Schirrmeister, B., Kannenberg, A., & Ernst, M. Biomechanical and Metabolic Effectiveness of an Industrial Exoskeleton for Overhead Work. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2019; 16(23): 4792. DOI: 10.3390/ijerph16234792.
- Письменная Е.В., Петрушанская К.А., Котов С.В., Аведиков Г.Е., Митрофанов И.Е., Толстов К.М., Ефаров В.А. Клинико-биомеханическое обоснование применения экзоскелета «Экзоатлет» при ходьбе больных с последствиями ишемического инсульта. *Russian Journal of Biomechanics/Rossijski Zurnal Biomehaniki*. 2019; 23(2). DOI: 10.15593/RZhBiomeh/2019.2.04.
- Masood J., Dacal-Nieto A., Alonso-Ramos V., Fontano M.I., Voilqué A., Bou J. Industrial Wearable Exoskeletons and Exosuits Assessment Process. *Wearable Robotics: Challenges and Trends*. 2018; 234–8. DOI: 10.1007/978-3-030-01887-0_45.
- Kim S., Moore A., Srinivasan D., Akanmu A., Barr A., Harris-Adamson C., Nussbaum M. A. Potential of Exoskeleton Technologies to Enhance Safety, Health, and Performance in Construction: Industry Perspectives and Future Research Directions. *IIEE Transactions on Occupational Ergonomics and Human Factors*. 2019; 1–10. DOI: 10.1080/24725838.2018.1561557.

physiological approaches are promising, as well as the development of specific protocols with used methods for registering physiological signals for evaluating exoskeletons.

REFERENCES

- Schmalz, T., Schändlinger, J., Schuler, M., Bornmann, J., Schirrmeister, B., Kannenberg, A., & Ernst, M. Biomechanical and Metabolic Effectiveness of an Industrial Exoskeleton for Overhead Work. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2019; 16(23): 4792. DOI: 10.3390/ijerph16234792
- Pismennaya, E.V., Petrushanskaya K.A., Kotov S.V., Avedikov G.E., Mitrofanov I.E., Tolstov K.M., Efarov V.A. Clinical and biomechanical justification for the use of the exoskeleton “Exoatlet” when walking patients with the consequences of ischemic stroke. *Russian Journal of Biomechanics/Rossijski Zurnal Biomehaniki*. 2019; 23(2). DOI: 10.15593/RZhBiomeh/2019.2.04
- Masood J., Dacal-Nieto A., Alonso-Ramos V., Fontano M. I., Voilqué A., Bou J. Industrial Wearable Exoskeletons and Exosuits Assessment Process. *Wearable Robotics: Challenges and Trends*. 2018; 234–238. DOI: 10.1007/978-3-030-01887-0_45
- Kim S., Moore A., Srinivasan D., Akanmu A., Barr A., Harris-Adamson C., Nussbaum M. A. Potential of Exoskeleton Technologies to Enhance Safety, Health, and Performance in Construction: Industry Perspectives and Future Research Directions. *IIEE Transactions on Occupational Ergonomics and Human Factors*. 2019; 1–10. DOI: 10.1080/24725838.2018.1561557
- Dudley, D. R., Knarr, B. A., Siu, K.-C., Peck, J., Ricks, B., & Zuniga, J. M. Testing of a 3D printed hand exoskeleton for an individual with stroke: a case study. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*. 2019: 1–5. DOI: 10.1080/17483107.2019.1646823
- Ao, D., Song, R., & Gao, J. Movement Performance of Human — Robot Cooperation Control Based on EMG-Driven Hill-Type and Proportional Models for an Ankle Power-Assist Exoskeleton Robot. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*. 2017; 25(8): 1125–1134. DOI: 10.1109/tnsre.2016.2583464
- Ma Z., Ben-Tzvi P., Danoff J. Hand Rehabilitation Learning System With an Exoskeleton Robotic Glove. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*. 2016; 24(12): 1323–32. DOI: 10.1109/tnsre.2015.2501748
- Vega Ramirez A., Kurita Y. A Soft Exoskeleton Jacket with Pneumatic Gel Muscles for Human Motion Interaction. *Universal Access in Human-Computer Interaction. Multimodality and Assistive Environments*. HCII 2019. Lecture Notes in Computer Science, vol 11573. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-23563-5_46
- Koopman A.S., Kingma I., Faber G.S., de Looze M.P., van Dieën J.H. Effects of a passive exoskeleton on the mechanical loading of the low back in static holding tasks. *Journal of biomechanics*. 2019; 83: 97–103. DOI: 10.1016/j.jbiomech.2018.11.033
- Masood J., Ortiz J., Fernández J., Mateos L.A., Caldwell D.G. Mechanical design and analysis of light weight hip joint Parallel Elastic Actuator for industrial exoskeleton. *Proceedings of the 2016 6th IEEE International Conference on Biomedical Robotics and Biomechatronics (BioRob)*. 2016; 6: 631–6.
- Yu H., Choi I.S., Han K.-L., Choi J.Y., Chung G., Suh J. Development of a Stand-alone Powered Exoskeleton Robot Suit in Steel Manufacturing. *ISIJ International*, 2015; 55(12), 2609–17. DOI: 10.2355/isijinternational.isijint-2015-272
- von Glinski A, Yilmaz E, Mrotzek S, Marek E, Jettkant B, Brinkemper A, Fisahn C, Schildhauer TA, Geßmann J. Effectiveness of an on-body lifting aid (HAL® for care support) to reduce lower back muscle activity during repetitive lifting tasks. *J Clin Neurosci*. 2019; 63: 249–55. DOI: 10.1016/j.jocn.2019.01.038

5. Dudley D.R., Knarr B.A., Siu K.-C., Peck J., Ricks B., & Zuniga J.M. Testing of a 3D printed hand exoskeleton for an individual with stroke: a case study. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*. 2019; 1–5. DOI: 10.1080/17483107.2019.1646823.
6. Ao, D., Song, R., & Gao, J. Movement Performance of Human — Robot Cooperation Control Based on EMG-Driven Hill-Type and Proportional Models for an Ankle Power-Assist Exoskeleton Robot. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*. 2017; 25(8): 1125–34. DOI: 10.1109/tnsre.2016.2583464.
7. Ma Z., Ben-Tzvi P., Danoff J. Hand Rehabilitation Learning System With an Exoskeleton Robotic Glove. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*. 2016; 24(12): 1323–32. DOI: 10.1109/tnsre.2015.2501748.
8. Vega Ramirez A., Kurita Y. A Soft Exoskeleton Jacket with Pneumatic Gel Muscles for Human Motion Interaction. *Universal Access in Human-Computer Interaction. Multimodality and Assistive Environments*. HCII 2019. Lecture Notes in Computer Science, vol 11573. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-23563-5_46.
9. Koopman A.S., Kingma I., Faber G.S., de Looze M.P., van Dieën J.H. Effects of a passive exoskeleton on the mechanical loading of the low back in static holding tasks. *Journal of biomechanics*. 2019; 83: 97–103. DOI: 10.1016/j.jbiomech.2018.11.033.
10. Masood J., Ortiz J., Fernández J., Mateos L.A., Caldwell D.G. Mechanical design and analysis of light weight hip joint Parallel Elastic Actuator for industrial exoskeleton. *Proceedings of the 2016 6th IEEE International Conference on Biomedical Robotics and Biomechatronics (BioRob)*. 2016; 6: 631–6.
11. Yu H., Choi I.S., Han K.-L., Choi J.Y., Chung G., Suh J. Development of a Stand-alone Powered Exoskeleton Robot Suit in Steel Manufacturing. *ISIJ International*, 2015; 55(12), 2609–17. DOI: 10.2355/isijinternational.isijint-2015-272
12. von Glinski A., Yilmaz E., Mrotzek S., Marek E., Jettkant B., Brinkemper A., Fisahn C., Schildhauer T.A., Geßmann J. Effectiveness of an on-body lifting aid (HAL® for care support) to reduce lower back muscle activity during repetitive lifting tasks. *J Clin Neurosci*. 2019; 63: 249–55. DOI: 10.1016/j.jocn.2019.01.038
13. Воробьев А.А., Петрухин А.В., Засыпкина О.А., Кривоножкина П.С., Поздняков А.М. Экзоскелет как новое средство в абилитации и реабилитации инвалидов (обзор). *Современные технологии в медицине*. 2015; 7 (2); 185–97.
14. Bos R.A., Haarman C.J., Stortelder T., Nizamis K., Herder J.L., Stienen A.H., Plettenburg D.H. A structured overview of trends and technologies used in dynamic hand orthoses. *J Neuroeng Rehabil*. 2016; 13(1): 62. DOI: 10.1186/s12984-016-0168-z
15. Jayaraman A., O'Brien M.K., Madhavan S., Mummidisetty C.K., Roth H.R., Hohl K., Tapp A., Brennan K., Kocherginsky M., Williams K.J., Takahashi H., Rymer W.Z. Stride management assist exoskeleton vs functional gait training in stroke: A randomized trial. *Neurology*. 2019 Jan 15; 92(3): e263-e273. DOI: 10.1212/WNL.0000000000006782.
16. Husain S.R., Ramanujam A., Momeni K., Forrest G.F. Effects of Exoskeleton Training Intervention on Net Loading Force in Chronic Spinal Cord Injury. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*. 2018; 7: 2793–2796. DOI: 10.1109/EMBC.2018.8512768.
17. Goh S.K., Abbass H.A., Tan K.C., Al-Mamun A., Thakor N., Bezerianos A., Li J. Spatio-Spectral Representation Learning for Electroencephalographic Gait-Pattern Classification. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*. 2018; 26(9): 1858–67. DOI: 10.1109/TNSRE.2018.2864119.
18. Luu T.P., He Y., Brown S., Nakagame S., Contreras-Vidal J.L. Gait adaptation to visual kinematic perturbations using a real-time closed-loop brain-computer interface to a virtual reality avatar. *J Neural Eng*. 2016; 13(3): 036006. DOI: 10.1088/1741-2560/13/3/036006
19. Vorob'ev A.A., Andryushchenko F.A., Zasyapkina O.A., Solov'eva I.O., Krivonozhkina P.S., Pozdnyakov A.M. Terminology and classification of exoskeletons. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta*. 2015; 7 (2): 185–97 (in Russian).
20. Bos R.A., Haarman C.J., Stortelder T., Nizamis K., Herder J.L., Stienen A.H., Plettenburg D.H. A structured overview of trends and technologies used in dynamic hand orthoses. *J Neuroeng Rehabil*. 2016; Jun 29;13(1): 62. DOI: 10.1186/s12984-016-0168-z
21. Jayaraman A., O'Brien M.K., Madhavan S., Mummidisetty C.K., Roth H.R., Hohl K., Tapp A., Brennan K., Kocherginsky M., Williams K.J., Takahashi H., Rymer W.Z. Stride management assist exoskeleton vs functional gait training in stroke: A randomized trial. *Neurology*. 2019 Jan 15; 92(3):e263-e273. DOI: 10.1212/WNL.0000000000006782
22. Husain S.R., Ramanujam A., Momeni K., Forrest G.F. Effects of Exoskeleton Training Intervention on Net Loading Force in Chronic Spinal Cord Injury. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*. 2018; 7: 2793–6. DOI: 10.1109/EMBC.2018.8512768
23. Goh S.K., Abbass H.A., Tan K.C., Al-Mamun A., Thakor N., Bezerianos A., Li J. Spatio-Spectral Representation Learning for Electroencephalographic Gait-Pattern Classification. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*. 2018 Sep; 26(9):1858–1867. DOI: 10.1109/TNSRE.2018.2864119
24. Luu T.P., He Y., Brown S., Nakagame S., Contreras-Vidal J.L. Gait adaptation to visual kinematic perturbations using a real-time closed-loop brain-computer interface to a virtual reality avatar. *J Neural Eng*. 2016 Jun; 13(3): 036006. DOI: 10.1088/1741-2560/13/3/036006
25. Ho Chit Siu, Julie A. Shah, Leia A. Stirling. Classification of Anticipatory Signals for Grasp and Release from Surface Electromyography. *Sensors (Basel)*. 2016 Nov; 16(11): 1782. DOI: 10.3390/s16111782.
26. Vorob'ev A.A., Andryushchenko F.A., Zasyapkina O.A., Solov'eva I.O., Krivonozhkina P.S., Pozdnyakov A.M. Terminology and classification of exoskeletons. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta*. 2015; 7 (2): 185–97 (in Russian).
27. Exoskeleton Report. *Industrial*. <https://exoskeletonreport.com/product-category/exoskeleton-catalog/industrial/>.
28. D.A. Winter. Stiffness control of balance in quiet standing. *J Neurophysiol*. 1998; 80(3): 1211–21.
29. Song H., H. Park, S. Park A. springy pendulum could describe the swing leg kinetics of human walking. *J Biomech*. 2016; 49(9): 1504–1509. DOI: 10.1016/j.jbiomech.2016.03.018
30. Profeta VLS, Turvey MT. Bernstein's levels of movement construction: A contemporary perspective. *Hum Mov Sci*. 2018 Feb;5 7:111–133. DOI: 10.1016/j.humov.2017.11.013
31. Bernshhteyn N.A. *On the construction of movements*. Moskva: Meditsina; 1947 (in Russian).
32. Sudakov K.V. Theory of Functional Systems: A Keystone of Integrative Biology. In: Nadin M. (eds) *Anticipation: learning from the past. The Russian/Soviet Contributions to the Science of Anticipation*. Springer, Cham Switzerland; 2015. ISBN: 978-3-319-19446-2. [DOI: 10.1007/978-3-319-19446-2]
33. Anokhin P.K. *Essays on the physiology of functional systems*. Moskva: Meditsina; 1975 (in Russian).
34. Sberbank pomog sozdat' ekzoskelet dlya khirurgov. <http://sk.ru/news/b/press/archive/2019/03/12/sberbank-pomog-sozdat-ekzoskelet-dlya-hirurgov.aspx>
35. Vorkutaugol' protestirovala opytnyy obrazets ekzoskeleta. <https://neftegaz.ru/news/auto/484219-vorkutaugol-protestirovala-opytnyy-obrazets-ekzoskeleta/>.
36. Wearable posture assisting device Patent South Korea № KR20160048885A.

38. Shiozawa S., Hirata R.P., Graven-Nielsen T. Center of Pressure Displacement of Standing Posture during Rapid Movements Is Reorganised Due to Experimental Lower Extremity Muscle Pain. *PLoS One*. 2015; 10(12): e0144933. DOI: 10.1371/journal.pone.0144933.

39. Huysamen K., Bosch T., de Looze M., Stadler K. S., Graf E., O'Sullivan L. W. Evaluation of a passive exoskeleton for static upper limb activities. *Applied Ergonomics*. 2018; 70: 148–55. DOI: 10.1016/j.apergo.2018.02.009.

40. Kim S., Nussbaum M.A., Mokhlespour Esfahani M.I., Alemi M.M., Alabdulkarim S., Rashedi E. Assessing the influence of a passive, upper extremity exoskeletal vest for tasks requiring arm elevation: Part I — “Expected” effects on discomfort, shoulder muscle activity, and work task performance. *Applied Ergonomics*. 2018; 70: 315–22. DOI: 10.1016/j.apergo.2018.02.025.

41. Renner T. Exoskeleton with Lightweight Plastic Components Finds Applications in Medicine, Manufacturing, and Agriculture. *Plastics Engineering*. 2018; 74(3): 30–5. DOI: 10.1002/j.1941-9635.2018.tb01855.x.

42. Kim S., Nussbaum M.A., Mokhlespour Esfahani M.I., Alemi M.M., Jia B., Rashedi E. Assessing the influence of a passive, upper extremity exoskeletal vest for tasks requiring arm elevation: Part II — “Unexpected” effects on shoulder motion, balance, and spine loading. *Applied Ergonomics*. 2018; 70: 323–30. DOI: 10.1016/j.apergo.2018.02.024.

43. Кубряк О.В., Багдасарьян Н.Г., Глазачев О.С. и др. Инструменты исследователя и врача: границы достижимых результатов и влияние на выводы исследований. По материалам круглого стола на Вейновских чтениях, 10 февраля 2018 года. К 120-летию П.К. Анохина. *Мониторинг общественного мнения: экономические и социальные перемены*. 2018; 6: 365–85. DOI: 10.14515/monitoring.2018.6.17.

ПРАКТИЧЕСКОМУ ЗДРАВООХРАНЕНИЮ

DOI: <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-5-329-334>

УДК 613.6:[616.12-073.97-71+616.127]

© Коллектив авторов, 2020

Вишнякова Н.А.¹, Ирихина Е.А.¹, Постникова Л.В.²**Телеметрическая электрокардиографическая диагностика патологии миокарда у лиц трудоспособного возраста**¹ГБУЗ Московской области «Мытищинская городская клиническая больница», Коминтерна ул., 24, г. Мытищи, Московская область, Россия, 141009;²ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда им. академика Н.Ф. Измерова», пр-т Буденного, 31, Москва, Россия, 105275

В амбулаторных подразделениях городской клинической больницы (ГКБ) и центральной районной больницы (ЦРБ) применялись в работе дистанционные электрокардиографические методики.

В ЦРБ выполнено 18 654 ЭКГ исследований. Автоматическое заключение приборов корректировалось специалистами функциональной диагностики (ФД). В сложных случаях проводился углубленный анализ — электрокардиограмма 12 отведений (ЭКГ-12) — методом векторкардиографии (ВКГ). Патологические синдромы ЭКГ выявлены у 5038 лиц (27%). Среди полученного числа ЭКГ с отклонениями чаще всего выявлялись: блокада правой ножки (БПН) — 1029 (20,4%), гипертрофия левого желудочка (ГЛЖ) — 981 (19,4%), блокада левой ножки — 661 (13%), рубцовые изменения миокарда — 442 (8,7%), экстрасистолия — 377 (7,4%), фибрилляция предсердий (ФП) — 310 (6%). Методом ВКГ удалось уточнить 39% случаев ГЛЖ, по очагово-рубцовых поражений миокарда 40% случаев и 92% совпадений по фибрилляции предсердий. Использование ВКГ дополнило диагностические возможности дистанционной ЭКГ-12. В ГКБ по результатам скрининга ФП дистанционной одноканальной ЭКГ выявлено 69 случаев с ФП (3,2%) от числа обследованных, составляющего 2146 человек. При анализе анамнеза уточнено, что у 24 (34,7%) пациентов ФП обнаружена впервые, а у 45 (65,3%) лиц ФП отмечалась в анамнезе.

Системой дистанционного длительного холтеровского мониторирования ЭКГ (ДХМЭКГ) выполнено 27 исследований у 20 лиц. В 85% выявлялось сложные, сочетанные нарушения ритма сердца, в трех случаях (15%) депрессия сегмента ST-T. С применением новых электрокардиографических методик в дополнение к одноканальной ЭКГ, ЭКГ-12 повышается качество диагностики сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ).

Ключевые слова: *одноканальная ЭКГ; дистанционная электрокардиография; дистанционный длительный ЭКГ мониторинг; синдромальная ЭКГ диагностика; сердечно-сосудистые заболевания; сельские лечебно-профилактические учреждения*

Для цитирования: Вишнякова Н.А., Ирихина Е.А., Постникова Л.В. Телеметрическая электрокардиографическая диагностика патологии миокарда у лиц трудоспособного возраста. *Мед. труда и пром. экол.* 2020; 60 (5). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-5-329-334>

Для корреспонденции: Вишнякова Нелли Анатольевна, врач общей практики, терапевт ГБУЗ Московской области «Мытищинская городская клиническая больница», канд. мед наук. E-mail: nelli.vishnyakova.76@mail.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Дата поступления: 14.02.2020 Дата принятия к печати: 20.04.2020 Дата публикации: 18.05.2020

Nelli A. Vishnyakova¹, Elena A. Irkhina¹, Larisa V. Postnikova²**Telemetric electrocardiographic diagnostics of myocardial pathology in persons of working age**¹Mytishchi City Clinical Hospital, Komintern St. 24, Mytishchi, Moscow region, Russia, 141009²Izmerov Research Institute of Occupational Health, 31, Budennogo Ave., Moscow, 105275

Remote electrocardiographic techniques were used in outpatient departments of the city clinical hospital (CCH) and the Central district hospital (CDH).

The CDH performed 18,654 electrocardiographic studies (ECS). The automatic conclusion of devices was corrected by specialists of functional diagnostics (FD). In complex cases, an in-depth analysis was performed — an electrocardiogram of 12 leads (ECD-12) — using vectorcardiography (VCD). Pathological ECD syndromes were detected in 5038 individuals (27%). Among the obtained number of ECSs with abnormalities, the most frequently detected were: right leg block (RLB) — 1029 (20.4%), left ventricular hypertrophy (LVH) — 981 (19.4%), left leg block — 661 (13%), myocardial scarring — 442 (8.7%), extrasystole — 377 (7.4%), atrial fibrillation — 310 (6%). The method of VCD was able to clarify 39% of cases of LVH, 40% of cases of focal scarring of the myocardium, and 92% of matches for atrial fibrillation (AF). The use of VCD supplemented the diagnostic capabilities of the remote ECD-12.

According to the results of AF screening by remote single-channel ECD, 69 cases with AF (3.2%) of the total number of examined patients (2,146 people) were detected in the CCH. When analyzing the history, it was clarified that 24 (34.7%) patients had AF for the first time, and 45 (65.3%) individuals had a history of AF.

Remote long-term Holter ECD monitoring system (LTNECD) 27 studies were performed in 20 individuals. Complex, combined heart rhythm disorders were detected in 85%, and ST-T depression was detected in three cases (15%). Using new electrocardiographic techniques in addition to single-channel ECD, ECD-12 improves the quality of diagnostics of cardiovascular diseases (CVD).

Keywords: *single-channel ECD; remote electrocardiography; remote long-term ECD monitoring; syndromal ECD diagnostics; cardiovascular diseases; rural medical institutions*

For citation: Vishnyakova N.A., Irikhina E.A., Postnikova L.V. Telemetric electrocardiographic diagnostics of myocardial pathology in persons of working age. *Med. truda i prom. ekol.* 2020; 60 (5). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-020-60-5-329-334>

For correspondence: Nelly A. Vishnyakova, general practitioner, Mytishchi city clinical hospital, Cand. of Sci. (Med.). E-mail: nelli.vishnyakova.76@mail.ru

ORCID: Postnikova L.V. 0000-0002-8509-7133

Funding. The study had no funding.

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

Received: 14.02.2020 / Accepted: 20.04.2020 / Published: 18.05.2020

Актуальность. В Российской Федерации (РФ) заболеваемость и смертность от сердечно — сосудистых заболеваний (ССЗ) остаются на высоком уровне [1]. В большинстве случаев высококвалифицированные рабочие — это люди среднего и пожилого возраста, которые подвержены развитию тяжелых сердечно-сосудистых заболеваний, приводящих к снижению трудоспособности и инвалидизации. Таким образом, болезни сердечно-сосудистой системы имеют большое социальное значение. Экспертиза профессиональной пригодности и трудовое устройство этих пациентов — сложная задача. В практике часто встречаются ошибки, связанные с недооценкой или переоценкой трудовых возможностей данных работников. Это обуславливает необходимость внедрения в клиническую практику современных эффективных методов ранней диагностики ССЗ. Достижения поставленных целей возможно путем создания комплексной системы профилактики факторов риска (ФР), направленной на раннюю диагностику сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ), с использованием на догоспитальном этапе передовых технологий и образовательных программ.

Дистанционные технологии регистрации записей и передачи электрокардиограммы (ЭКГ) с успехом используются при обследовании населения [2–6]. Телемедицина позволяет при дефиците квалифицированных врачебных кадров на местах выявлять различную ССП, в т. ч. острый коронарный синдром (ОКС), фибрилляцию предсердий (ФП), гипертрофию левого желудочка (ГЛЖ) и иную патологию [6–9].

Новые дистанционные методы электрокардиографии, такие как одноканальная ЭКГ, синтезированная из ЭКГ-12 векторкардиограмма, дипольная электрокардиотопограмма, дистанционное длительное холтеровское мониторирование позволяют увеличивать информативность метода ЭКГ [8,10–12]. Весьма перспективным является подход комплексного использования данных методов для ранней диагностики ССЗ, при котором возрастает вероятность выявления предикторов развития ССП, в т. ч. без клинически выраженных проявлений сердечной патологии у пациента.

Цель исследования — разработать алгоритм электрокардиографической диагностики при комплексном использовании методов дистанционной передачи и централизованного анализа коротких и длительных записей ЭКГ для оценки распространенности различных ЭКГ синдромов при обследовании населения, в том числе работников вредных и опасных производств.

Материалы и методы. В амбулаторных лечебно-профилактических учреждениях (ЛПУ) городской клинической больницы (ГКБ) Московской области (3 поликли-

ники, 3 амбулатории, 6 ФАП) с апреля 2019 г. настроена регистрация и дистанционная передача по сети интернет одноканальной ЭКГ CardioQVARK, а также регистрация и передача длинных записей ЭКГ методом длительного дистанционного холтеровского мониторирования (ДХМЭКГ) фирмы ДМС «Передовые технологии».

В структурных подразделениях центральной районной больницы (ЦРБ) Волгоградской области (стационаре, участковой больнице (УБ), поликлинике, фельдшерско-акушерском пункте (ФАП)) была организована работа дистанционной регистрации и отправки (по сети интернет) ЭКГ-12 с возможностью дополнительного анализа записей ЭКГ электровекторкардиографическими методами.

Исследования пациентам проводились по обращаемости, а также в рамках проведения диспансеризации определенных групп взрослого населения, профилактических медицинских осмотрах, неотложных состояниях, динамическом наблюдении.

Средний медицинский персонал (фельдшеры, медицинские сестры) осуществляли регистрацию и передачу дистанционной ЭКГ из ЛПУ, находящихся территориально удаленными на расстояние более 20–25 километров. ЭКГ передавались в кабинеты функциональной диагностики (ФД), где сертифицированные по профилю «Функциональная диагностика» специалисты осуществляли врачебный анализ и контроль автоматического заключения приборов. Фельдшеру/медицинской сестре на ФАП автоматическая интерпретация ЭКГ позволяла своевременно распознать различные острые патологические состояния непосредственно в процессе обследования пациента. С целью экспертной оценки и углубленного анализа (электровекторкардиографическими методами диагностики) в сложных диагностических случаях записи ЭКГ отправлялись в лабораторию ЭКГ ФГБУ Национальный МИЦ кардиологии МЗ РФ г. Москвы. В обратном порядке результаты передавались в кабинет ФД поликлиник, УБ, амбулаторий, ФАПов.

Финансовых затрат на дополнительное обучение специалистов для работы на вышеперечисленном оборудовании не потребовалось.

Техническое оснащение. Одноканальный электрокардиограф CardioQVARK. С помощью фотоплетизмографических контактных датчиков от пальцев правой и левой рук (I отведение) одноканального электрокардиографа проводилась 3-минутная регистрация электрокардиограмм. Программное обеспечение прибора CardioQVARK осуществляет расчет variability сердечного ритма, временных параметров RR, P, PR, QRS, QT, QTc; распознает НРС; запись дневника артериального давления (АД) и уровня глюкозы в крови; регистрирует фотоплетизмо-

графический сигнал (ФПГ). В профиль пациента вносятся информация о факторах риска и анамнезе.

Система дистанционной передачи ЭКГ (ДЭКГ). В поликлинике и стационаре ЦРБ были настроены централизованные системы приема, архивирования и анализа ЭКГ-12 (ЦСАЭ), с возможностью приема и отправки результатов анализа ЭКГ, а также регистрацией ЭКГ в кабинете ФД. На сельских подразделениях на базе нетбука были установлены мобильные регистраторы (МР). Цифровой компактный кардиоусилитель, составная часть МР и ЦСАЭ, функция которого заключается в передаче оцифрованного сигнала ЭКГ компьютерному модулю по интернет проводной (порт USB) /беспроводной (Bluetooth) связи.

В программном продукте заложен алгоритм синтеза из ЭКГ-12 трех ортогональных отведений ЭКГ с последующим построением векторкардиограммы (ВКГ) и дипольной электрокардиотопограммы (ДЭКАРТО) [9,13].

Длительное дистанционное холтеровское мониторирование. Использовалось два комплекта оборудования в виде специализированных легких компактных носимых мониторов МЭКГ-НС-02м для холтеровского мониторирования ЭКГ — система «Холтер ДМС» с программным обеспечением для длительного дистанционного мониторирования ЭКГ через сеть интернета. Они обеспечивали регистрацию ЭКГ в трех или двух отведениях и могли проводить многосуточную регистрацию ЭКГ (до 8 суток без подзарядки). Планшет применялся для возможности архивирования и передачи полученных данных по сети интернет в кабинет врача ФД.

Дистанционная ЭКГ-12 с дополнительными методами ВКГ и ДЭКАРТО. За весь период работы на базе ЦРБ при обследовании населения дистанционной системой *Easy EGG* выполнено 18564 ЭКГ исследований. Автоматически полученные результаты записей ЭКГ обработаны с помощью статистической программы, которая позволила получить данные о количестве выявленных ЭКГ — синдромов. В 13 526 случаях (73%) зафиксирована ЭКГ в пределах допустимой нормы (у женщин 8776—65% случаев, у мужчин 4750—35%).

От общего количества исследований патологические отклонения на ЭКГ диагностировались у 5038 лиц (27%). Наиболее часто встречающиеся синдромы: блокада правой ножки (БПН) — 1029 (20,4%), ГЛЖ — 981 (19,4%), блокада левой ножки (БЛН) — 661 (13%), рубцовые изменения миокарда — 442 (8,7%), экстрасистолия (Эк) — 377 (7,4%), фибрилляция предсердий — 310 (6%) от полученного числа патологических синдромов.

Затем дополнительными методами ВКГ и ДЭКАРТО выборочно проведен врачебный анализ ЭКГ пациентов, в т. ч. сельских жителей по следующим электрокардиографическим изменениям: очагово-рубцовые поражения миокарда, ГЛЖ и ФП.

Проанализировано 127 случаев автоматических заключений ЭКГ с очагово-рубцовыми изменениями миокарда. По анамнезу у 22 пациентов был ранее перенесенный инфаркт миокарда (ИМ), у 105 подозрения возникли впервые. Векторным анализом подтверждено 47 случаев постинфарктного кардиосклероза, 10 из них впервые выявленные случаи неизвестной давности. Более пристального внимания требовали 8 пациентов, у которых ишемические изменения миокарда были выявлены впервые. В анамнезе этих больных отсутствовали указания на ранее перенесенный ИМ. Во время осмотра пациенты жаловались на одышку и боль в области сердца, которая была расценена как сте-

нокардия. Пример электрокардиологических заключений пациента 62 лет: автоматизированное заключение прибора по ЭКГ-12 — синусовая тахикардия, ЧСС 103 уд. в минуту. Очагово-рубцовое поражение миокарда передне-перегородочной локализации. ВКГ и ДЭКАРТО: очагово-рубцовое поражение передне-перегородочной локализации. На эхокардиографии гипокинез передне-перегородочной области миокарда. Все пациенты получили лечение в первичном сосудистом отделении кардиологического профиля ГБУЗ Урюпинская ЦРБ, где проводился тромболизис и подбор медикаментозной терапии. В настоящее время пациенты находятся на диспансерном учете кардиологов, участковых врачей-терапевтов, врачей общей практики (ВОП).

Гипертрофия левого желудочка уточнялась на случайной выборке ЭКГ из базы 180 пациентов, из которых у 63 человек были подтверждены ЭКГ признаки ГЛЖ (35%), причем в 32 случаях впервые.

Нарушения ритма сердца по типу фибрилляции предсердий (ФП) встречались в 6% случаев, экстрасистолия 7,4%. У жителей сельской местности ФП диагностировалась в 1,7% случаев. При анализе 48 медицинских карт больных с ФП, установлено, что в анамнезе ФП отмечалась у 79,1% пациентов, а в 5% случаев установлена впервые.

При сопоставлении автоматических и врачебных заключений ЭКГ при анализе дополнительными методами по синдрому ГЛЖ получено 39% случаев совпадений, по очагово-рубцовому поражению миокарда 40% случаев и 92% совпадений по фибрилляции предсердий

Следовательно, автоматический анализ ЭКГ прибором возможно использовать в качестве скрининга ССЗ, при котором главное не пропустить патологию миокарда и установить группу риска лиц, в которой в дальнейшем должен быть проведен углубленный анализ клинических данных пациентов и дополнительный анализ ЭКГ с целью уточнения патологического процесса. Аритмии выявляются одинаково точно как автоматом, так и врачом.

Одноканальная ЭКГ. В подразделениях ГКБ одноканальной ЭКГ с дистанционной передачей организован скрининг с целью выявления НРС по типу ФП. Обследованы 2146 человек. По результатам работы выявлено 69 случаев с ФП (3,2%). При анализе анамнеза в первичной медицинской документации пациентов уточнено, что у 24 (34,7%) лиц ФП диагностирована впервые, а у 45 (65,3%) человек ФП уже имеется в анамнезе. При оценке по шкале факторов риска тромбоэмболических осложнений СНА2DS2VASc установлено, что 12 (17,3%) человек имели промежуточный риск развития ОНМК, 57 (82,6%) человек превышали по количеству баллов показатель 2 и более баллов, что свидетельствует о высоком риске нарушения мозгового кровообращения и обязательном назначении антикоагулянтных препаратов.

Лицам с ранее диагностированной ФП проведено ежегодное диспансерное обследование с контролем ЭКГ-12, консультация кардиолога с коррекцией медикаментозной терапии при необходимости. Пациенты с впервые установленной ФП были направлены на консультацию к кардиологу с целью дальнейшего обследования (в т. ч. проведение ХМ), уточнения диагноза и назначения медикаментозной терапии, либо, в зависимости от тяжести состояния, госпитализированы для лечения в стационарных условиях.

Дистанционное холтеровское мониторирование ЭКГ. Методом дистанционного холтеровского мониторирования ЭКГ обследованы 20 человек, из них 16 женщин (средний возраст 63 года) и 4 мужчины (средний возраст 44,7 года). Проведено 27 исследований. Мониторирование

ЭКГ в течение 2–5 суток выполнено у четырех человек, у шестнадцати лиц зарегистрированы суточные исследования (что связано с нежеланием пациентов проводить длительное мониторирование).

По результатам работы у 17 человек (85%) выявлено сложное, сочетанное нарушение ритма и проводимости сердца: желудочковая, предсердная экстрасистолия, А-V блокады, периоды би- и тригеминии, аллоритмии, пароксизмальная тахикардия с переходом в трепетание предсердий с ЧСС 150–170 уд./мин.

В 10% (два случая) отмечалась депрессия сегмента ST-T до 1,5 мм на фоне тахикардии и нарушений ритма сердца. В единственном случае (5%) нарушений ритма не зарегистрировано, диагностирован синдром ранней реполяризации желудочков.

Пациенты с результатами ДХМЭКГ и других паракардиальных исследований были направлены к кардиологу ГКБ.

Обсуждение. Раннее выявление патологии миокарда с применением скрининговых электрокардиографических методов является одним из важных направлений профилактики ССЗ. Важно распознать патологию на доклинической стадии процесса [14]. Синдромы ЭКГ возможно рассматривать как предвестники значимых патологических изменений сердца. Например, часть пациентов, страдающих гипертонической болезнью (ГБ) на ранних стадиях развития заболевания на ЭКГ–12 могут не иметь явных признаков проявления ГЛЖ. На более поздних этапах заболевания ГЛЖ является неблагоприятным признаком исхода заболевания. Поэтому лучше диагностировать болезнь на ранних стадиях «электрофизиологического ремоделирования миокарда» [15]. Запись ЭКГ может быть малоинформативной и при ишемической болезни сердца (ИБС). При хронической инфекции, нейрогенных, гормональных и метаболических дисфункциях миокарда не исключено появление отрицательного зубца Т. ЭКГ после болевого приступа в пределах нормы может быть примерно у 20% больных с доказанным позже инфарктом миокарда [16,17]. В данных случаях необходимо контролировать динамику ЭКГ и уточнять ее методами ВКГ и ДЭКАРТО, так как векторный анализ позволяет с чувствительностью 98,5% и специфичностью 95,2% выявлять и уточнять глубину и обширность повреждения миокарда [6,18,19].

Комплексным, этапным применением новых дистанционных методик электрокардиографической диагностики возможно выявлять ССП, в т. ч. при диспансеризации, профилактических осмотрах населения и периодических медицинских осмотрах лиц, работающих во вредных и опасных условиях труда.

В данной работе дистанционным автоматическим заключением записей ЭКГ–12 удалось установить патологические отклонения на ЭКГ у 5038 лиц (27%), что указывает на распространенность ЭКГ — синдромов среди населения и возможную скрытую патологию. Наибольшее число зарегистрированных синдромов: блокада правой ножки (БПН) — 1029 (20,4%), ГЛЖ — 981 (19,4%), блокада левой ножки (БЛН) — 661 (13%), рубцовые изменения миокарда — 442 (8,7%), экстрасистолия (Эк) — 377 (7,4%), фибрилляция предсердий — 310 (6%) от полученного числа ЭКГ с отклонениями. Используя на следующем этапе диагностики углубленный анализ ЭКГ методами ВКГ и ДЭКАРТО, подтверждены заключения по синдрому ГЛЖ, очагово-рубцовым изменениям миокарда, нарушениям ритма сердца по типу фибрилляции предсердий. Использо-

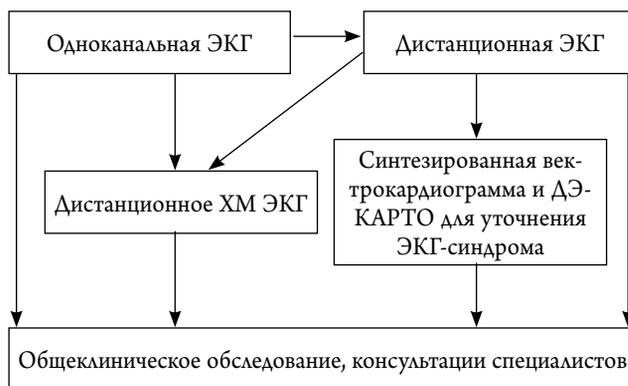


Рисунок. Алгоритм комплексного этапного применения дистанционных электрокардиографических методов

Figure. Algorithm for complex, step-by-step application of remote electrocardiographic methods

вание синтезированной ВКГ дополнило диагностические возможности дистанционной ЭКГ–12.

Соблюдая стандарты обследования, необходимо проведение пациентам, прежде всего, эхокардиографии. Но методика ультразвукового обследования миокарда из-за дорогостоящего оборудования, кадрового дефицита специалистов, низкого процента оснащенности ультразвуковыми установками менее доступна для широких масс населения, особенно для жителей сельских территорий.

Наибольший процент совпадения автоматического и врачебного заключения установлено при ФП — 92%. В 5% диагноз грозного нарушения ритма установлен впервые.

Не менее эффективен по данным скрининга ФП с помощью применения одноканальной ЭКГ. У обследованных 2146 человек установлено 69 случаев с ФП (3,2%). Из них у 24 (34,7%) лиц ФП диагностирована впервые, а у 45 (65,3%) человек ФП уже имелась в анамнезе. При оценке по шкале факторов риска тромбоэмболических осложнений CHA2DS2VASc установлено, что 12 (17,3%) человек имели 1 балл по шкале риска тромбоэмболических осложнений, 57 (82,6%) человек превышали по количеству баллов показатель 2 и более баллов, что свидетельствует о высоком риске нарушения мозгового кровообращения и обязательном назначении антикоагулянтных препаратов.

На следующем этапе диагностического электрокардиографического поиска данным пациентам в случаях подозрения на НРС, ИБС, особенно при невозможности выполнения нагрузочных проб из-за наличия сопутствующих заболеваний, показано проведение суточного мониторирования ЭКГ с возможностью дистанционной передачи длительного исследования (несколько суток). В данной работе у 17 человек (85%) выявлено сочетанное нарушение ритма и проводимости сердца, у 10% (два случая) отмечалась депрессия сегмента ST-T до 1,5 мм.

Следовательно, применяя, новые электрокардиографические методики как дополнение и уточнение одноканальной ЭКГ, ЭКГ–12, повышается качество диагностики ССЗ и дальнейшей тактики ведения и лечения пациента.

Алгоритм комплексного этапного применения дистанционных электрокардиографических методов представлен на рисунке.

Заключение. По результатам данного исследования дистанционные электрокардиографические методы возможно использовать на периферических подразделениях ЛПУ (сельской отдаленной местности), на ФАПх, УБ, амбулато-

риях, где прием населения проводится фельдшером, ВОП/терапевтом. Кроме того, данный метод применим при периодическом медицинском осмотре работников вредных и опасных производств. Автоматическое заключение приборов в краткие временные сроки способствует выявлению ССЗ и позволяет своевременно и целенаправленно оказать пациенту первую медицинскую помощь. Дистанционное взаимодействие обеспечивает консультативную помощь на расстоянии со специалистами районного центра, а врачам ФД — с экспертной группой лаборатории ЭКГ Федерального центра.

Двухуровневая диагностика электрокардиографически дистанционными методиками имеет и экономическую составляющую: это затраты на топливо, амортизацию санитарного транспорта ЛПУ (доставка исследований), обучение и содержание штатной единицы врача ФД в сельских ЛПУ. Снижаются затраты при проведении диспансеризации и других профилактических осмотров населения при электронной передаче ЭКГ из многих точек на центральный пункт приема, анализа и архивирования ЭКГ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Townsend N., Wilson L., Bhatnagar P. et al. Cardiovascular disease in Europe: epidemiological update 2016. *Eur. Heart J.* 2016; 37 (42): 3232–45.
2. Ефремов Е.А., Садыков С.С. *Совершенствование диагностики сердечно-сосудистых заболеваний.* Монография. Владимир; 2014: 9–30.
3. Российское кардиологическое общество. *Национальное общество профилактической кардиологии. Российское общество профилактики неинфекционных заболеваний. Кардиоваскулярная профилактика.* М.; 2017.
4. Альмухамбетова Э.Ф., Альмухамбетов М.К., Лазарев А.Ю., Бурда П.А. Дистанционный анализ электрокардиограмм в условиях городской станции скорой медицинской помощи. *SCI-ARTICLE.RU.* 2018; 53: 36–47.
5. Леванов В.М. Применение телемедицинских технологий в диспансерном наблюдении пациентов с нарушениями сердечного ритма. *Проблемы стандартизации в здравоохранении.* 2013; 1–2: 30–2.
6. Рябыкина Г.В., Соболев А.В., Сахнова Т.А. и др. Дистанционная передача ЭКГ и системы централизованного анализа и архивирования ЭКГ. Опыт использования системы Easy ECG в ФГБУ РКНПК МЗСР России. *Терапевтический архив.* 2012; 4: 52–7.
7. Макаров Л.М., Комолятова В.Н., Куприянова О.О., Перова Е.В. и др. Национальные Российские рекомендации по применению методики холтеровского мониторирования в клинической практике. *Российский кардиологический журнал.* 2014; 106 (2): 6–71.
8. Яковлев В.М., Мартынов А.И., Ягода А.В. *Клинико-визуальная диагностика безболевого ишемии миокарда.* Ставрополь; 2012.
9. Pewsner D., Jüni P., Egger M. et al. Accuracy of electrocardiography in diagnosis of left ventricular hypertrophy in arterial hypertension: systematic review. *BMJ.* 2007; 335: 711.
10. Рябыкина Г.В., Сахнова Т.А., Блинова Е.В. *Электровекторкардиографическая диагностика гипертрофии левого желудочка у больных артериальной гипертензией.* Пособие для практикующих врачей. М.: 2010: 5–34.
11. Рекомендация № К (94) 11 комитета министров для стран-членов Совета Европы по скринингу как инструменту профилактической медицины.
12. Кривошеков, С.Г., Суворова И.Ю., Шевченко И.В., Баранов В.И. Клинико-физиологические аспекты ремоделирования миокарда левого желудочка при гипертонической болезни.

Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. 2015; 1(3(3)): 183–99.

13. Рябыкина Г.В., Блинова Е.В., Сахнова Т.А. *Электровекторкардиографическая диагностика гипертрофии правого желудочка у больных легочной гипертензией.* Пособие для практикующих врачей. Г.В. Рябыкина, Е.В. Блинова, Т.А. Сахнова. М.; 2015.
 14. Sanchez-Ross M., Oghlalian G., Maher J. et al. The STAT-MI (ST-segment analysis using wireless technology in acute myocardial infarction) trial improves outcomes. *JACC Cardiovasc Interv.* 2011; 4(2): 222–7.
 15. Al-Zaiti SS, Runco KN, Carey MG. Increased T-wave complexity can indicate subclinical myocardial ischemia in asymptomatic adults. *J Electrocardiol.* 2011; 44(6): 684–8.
 16. Brunetti ND, Gennaro LD, Amodio G, et al. Telecardiology improves quality of diagnosis and reduces delay to treatment in elderly patients with acute myocardial infarction and atypical presentation. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil.* 2010; 17(6): 615–20.
 17. Fox K.A., Carruthers K.F., Dunbar D.R., Graham C., et al. Underestimated and under-recognized: the late consequences of acute coronary syndrome (GRACE UK-Belgian Study). *Eur Heart J.* 2010; 31(22): 2755–64.
 18. Блинова, Е.В., Сахнова Т.А. Синтезированная векторкардиограмма: прошлое и будущее. *Кардиологический вестник.* 2013; VIII (2 (XX)): 63–6.
 19. Блинова, Е.В., Сахнова Т.А., Саидова М.А., Ощепкова Е.В. и др. Информативность показателей ортогональной электрокардиограммы в диагностике гипертрофии левого желудочка. *Терапевтический архив.* 2007; 4: 15–8.
- #### REFERENCES
1. Townsend N., Wilson L., Bhatnagar P. et al. Cardiovascular disease in Europe: epidemiological update 2016. *Eur. Heart J.* 2016; 37 (42): 3232–45.
 2. Efremov E.A., Sadykov S.S. Improving the diagnosis of cardiovascular disease. Monograph. Vladimir; 2014: 9–30.
 3. *Russian Cardiology Society. National Society of Preventive Cardiology. Russian Society for the Prevention of Noncommunicable Diseases.* Cardiovascular prophylaxis. M.; 2017.
 4. Almukhambetova, E.F., Almukhambetov M.K., Lazarev A.Yu., Burda P.A. Remote analysis of electrocardiograms in a city ambulance station. *SCI-ARTICLE.RU.* 2018; 53: 36–47.
 5. Levantov V.M. The use of telemedicine technologies in the follow-up of patients with heart rhythm disorders. *Problemy standartizatsii v zdravookhraneni.* 2013; 1–2: 30–2.
 6. Ryabykina, G.V., Sobolev A.V., Sakhnova T.A. and others. Remote transmission of the ECG and systems for centralized analysis and archiving of the ECG. Experience of using Easy ECG system in National Medical Research Center of Cardiology. *Terapevticheskij arkhiv.* 2012; 4: 52–7.
 7. Makarov, L.M., Komolyatova V.N., Kupriyanova O.O., Perova E.V. and other Russian National recommendations on the application of Holter monitoring techniques in clinical practice. *Rossiiskij kardiologicheskij zhurnal.* 2014; 106 (2): 6–71.
 8. Yakovlev V.M., Martynov A.I., Yagoda A.V. *Clinical and visual diagnosis of painless myocardial ischemia.* Stavropol; 2012.
 9. Pewsner D., Jüni P., Egger M. et al. Accuracy of electrocardiography in diagnosis of left ventricular hypertrophy in arterial hypertension: systematic review. *BMJ.* 2007; 335: 711.
 10. Ryabykina G.V., Sakhnova T.A., Blinova E.V. *Electrovector cardiographic diagnosis of left ventricular hypertrophy in patients with arterial hypertension. A manual for practitioners.* M.; 2010: 5–34.
 11. Recommendation No. K (94) 11 of the Committee of Ministers for member states of the Council of Europe on screening as a preventive medicine tool.

12. Krivoshechekov, S. G., Suvorova I.Yu., Shevchenko I.V., Baranov V.I. Clinical and physiological aspects of left ventricular myocardial remodeling in hypertension. *Vestnik Tyumenskogo gosudarstvennogo universiteta. Ehkologiya i prirodopol'zovanie*. 2015; 1(3(3)): 183–99.
13. Ryabykina G.V., Blinova E.V., Sakhnova T.A. *Electrovector cardiographic diagnosis of right ventricular hypertrophy in patients with pulmonary hypertension. A manual for practitioners*. G.V. Ryabykina, E.V. Blinova, T.A. Sakhnova. M.; 2015.
14. Sanchez-Ross M., Oghlakian G., Maher J. et al. The STAT-MI (ST-segment analysis using wireless technology in acute myocardial infarction) trial improves outcomes. *JACC Cardiovasc Interv*. 2011; 4(2): 222–7.
15. Al-Zaiti SS, Runco KN, Carey MG. Increased T-wave complexity can indicate subclinical myocardial ischemia in asymptomatic adults. *J Electrocardiol*. 2011; 44(6): 684–8.
16. Brunetti ND, Gennaro LD, Amodio G, et al. Telecardiology improves quality of diagnosis and reduces delay to treatment in elderly patients with acute myocardial infarction and atypical presentation. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil*. 2010; 17(6): 615–20.
17. Fox K.A., Carruthers K.F., Dunbar D.R., Graham C., et al. Underestimated and under-recognized: the late consequences of acute coronary syndrome (GRACE UK-Belgian Study). *Eur Heart J*. 2010; 31(22): 2755–64.
18. Blinova E.V., Sakhnova T.A. Synthesized vector cardiogram: past and future. *Kardiologicheskij vestnik*. 2013; VIII (2 (XX)): 63–6.
19. Blinova, E.V., Sakhnova T.A., Saidova M.A., Oschepkova E.V. and other Information content indicators of orthogonal electrocardiogram in the diagnosis of left ventricular hypertrophy. *Terapevticheskij arkhiv*. 2007; 4: 15–8.

DOI: <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-5-335-338>

УДК 616.833.5:616–057

© Коллектив авторов, 2020

Меденцов В.А.¹, Комлева Н.Е.^{1,2}, Данилов А.Н.¹, Колоколов О.В.², Лукина Е.В.², Чехонацкий А.А.²**Радикулопатия в структуре профессиональной заболеваемости у машинистов-трактористов сельскохозяйственного производства**¹ФБУН «Саратовский научно-исследовательский институт сельской гигиены» Роспотребнадзора», ул. Заречная, 1А, Саратов, Россия, 410022;²ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского» Минздрава России, ул. Большая Казачья, 112, Саратов, Россия, 410012

Изучена частота профессиональной пояснично-крестцовой радикулопатией (ПКР) у работников агропромышленного комплекса (АПК) Саратовской области за период 2008–2018 гг. Проанализирована динамика и особенности выявления ПКР, рассмотрены возможные социальные тенденции, влияющие на выявляемость заболевания. На фоне общего снижения количества случаев профзаболеваний у работников АПК Саратовской области за последние 11 лет отмечена тенденция к снижению случаев возникновения профессиональной ПКР, что подразумевает, с одной стороны, улучшение лечебно-реабилитационных мероприятий, проводимых в этом направлении, с другой стороны, отражает социально-экономические реалии последних лет.

Ключевые слова: работники сельского хозяйства; пояснично-крестцовая радикулопатия; профессиональная заболеваемость

Для цитирования: Меденцов В.А., Комлева Н.Е., Данилов А.Н., Колоколов О.В., Лукина Е.В., Чехонацкий А.А. Радикулопатия в структуре профессиональной заболеваемости у машинистов-трактористов сельскохозяйственного производства. *Мед. труда и пром. экол.* 2020; 60 (5). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-5-335-338>

Для корреспонденции: Меденцов Вячеслав Александрович, мл. науч. сотр. медико-профилактических и инновационных технологий ФБУН «Саратовский НИИСГ» Роспотребнадзора, канд. мед. наук. E-mail: medentsov.v@yandex.ru.

Финансирование. Исследование не имело финансовой поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Дата поступления: 30.10.2019 / *Дата принятия к печати:* 20.04.2020 / *Дата публикации:* 18.05.2020

Vyacheslav A. Medentsov¹, Nataliya E. Komleva^{1,2}, Aleksey N. Danilov¹, Oleg V. Kolokolov², Elena V. Lukina², Andrey A. Chekhonatsky²**Radiculopathy in the structure of occupational morbidity in agricultural tractor drivers**¹Saratov Scientific Research Institute of Rural Hygiene, 1A, Zarechnaya Str., Saratov, Russia, 410022²Saratov State Medical University n.a. V. I. Razumovsky, 112, Bolshaya Kazachya str., Saratov, Russia, 410012

Introduction. The frequency of professional lumbosacral radiculopathy (PLR) in employees of the agro-industrial complex (AIC) of the Saratov region for the period 2008–2018 was studied. The dynamics and features of PCR detection are analyzed, and possible social trends affecting the detection of the disease are considered. Against the background of a general decrease in the number of cases of occupational diseases in the agricultural sector of the Saratov region over the past 11 years, there has been a trend towards a decrease in cases of professional PCR, which implies, on the one hand, an improvement in treatment and rehabilitation activities carried out in this direction, on the other hand, reflects the socio-economic realities of recent years.

Keywords: agricultural workers; lumbosacral radiculopathy; occupational morbidity

For citation: Medentsov V.A., Komleva N.E., Danilov A.N., Kolokolov O.V., Lukina E.V., Chehonatsky A.A. Radiculopathy in the structure of occupational morbidity in agricultural tractor drivers. *Med. труда i prom. ekol.* 2020; 60 (5). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-5-335-338>

For correspondence: Vyacheslav A. Medentsov, junior researcher of medical-preventive and innovative technologies of Saratov Scientific Research Institute of Rural Hygiene. E-mail: medentsov.v@yandex.ru.

ORCID: Chehonatsky A.A. 0000-0003-3327-1483

Funding. The study had no funding.

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

Received: 30.10.2019 / *Accepted:* 20.04.2020 / *Published:* 18.05.2020

Введение. Профессия «машинист-тракторист сельскохозяйственного производства» является наиболее распространенной профессиональной группой в АПК Саратовской области. Условия труда работающих в данной профессии характеризуются воздействием повышенных уровней шума и вибрации, микроклиматического дискомфорта в сочетании с тяжестью и напряженностью трудового процесса. [1,2]. Результаты отечественных и зарубежных исследований свидетельствуют о том, что рабочие, занятые

в АПК, имеют более высокий уровень распространенности мышечно-скелетных нарушений, поражений межпозвоночных дисков и связанных с ними клинических расстройств по сравнению с популяцией населения и другими профессиональными группами [1–4]. При этом анализ эпидемиологических данных позволил установить, что у машинистов-трактористов европейских стран заболеваемость вертеброневрологическими заболеваниями (ВНЗ) значительно выше, чем у животноводов и птицеводов [5]. Согласно

литературным данным, 46–70% машинистов-трактористов имеют клинические проявления заболеваний опорно-двигательного аппарата и периферической нервной системы, а распространенность боли в нижней части спины у них превышает 50%, что выше, чем у других рабочих ручного труда — 37% [1,6–9]. Не исключено, что реальные цифры могут быть выше, так как выявляемость ВНЗ нарастает при увеличении охвата машинистов-трактористов периодическими медицинскими осмотрами [2]. Доказана тесная взаимосвязь между качеством жизни пациентов и наличием боли в нижней части спины, при этом низкое качество жизни повышает риск возникновения заболевания, а само заболевание снижает качество жизни [10,11].

Цель исследования — изучить за период с 2008 по 2018 гг. состояние профессиональной заболеваемости работников агропромышленного комплекса Саратовской области, проследить тенденции в выявлении первичных профессиональных заболеваний у этого контингента, определить удельный вес пояснично-крестцовой радикулопатии среди первично установленных профзаболеваний, сопоставить полученные данные с социально-экономическими и организационно-медицинскими условиями.

Материалами исследования явились данные отчетов клиники профессиональных заболеваний ФБУН Саратовский НИИСГ Роспотребнадзора за период с 2008 г. по 2018 г., материалы министерства сельского хозяйства Саратовской области, данные формализованных анкет, сведения первичной медицинской документации (амбулаторных карт) пациентов с диагнозом первично установленного профессионального заболевания за вышеуказанный период.

Результаты. Анализ структуры профессиональных заболеваний в Саратовской области показывает, что на протяжении многих лет их удельный вес среди работников АПК составляет 46,5–63,5% от общего числа всех диагностированных профессиональных заболеваний. При этом наибольшее число случаев профзаболеваний со стойкой утратой трудоспособности отмечается среди работников АПК и составляет 66,7%. Заболевания, связанные с физическими перегрузками и перенапряжением отдельных систем и органов, преобладают в структуре профессиональной заболеваемости машинистов-трактористов АПК, и основную их часть составляют профессиональные ПКР — за последние 10 лет от 29% до 64% [1,10].

На круглом столе, состоявшемся 18 января 2019 г. в пресс-центре «МК» в Саратове, с участием представителей региональных министерств сельского хозяйства и образования, ученых Саратовского государственного аграрного университета им. Н.И. Вавилова, руководителей сельхозпредприятий и представителей Ростехнадзора по Саратовской области, были озвучены следующие цифры: в АПК области эксплуатируется 17,8 тыс. тракторов, 6,3

тыс. зерноуборочных комбайнов и более 30 тыс. различных посевных и почвообрабатывающих машин. При этом доля тракторов со сроком эксплуатации свыше 10 лет составляет 65%, зерноуборочных комбайнов — 49%. Численность механизаторов при этом за период с 1997 г. уменьшилась с 28 тыс. до 10 тыс. человек. И хотя в общем объеме техники непрерывно возрастает доля инновационных машин, с более высокими технико-экономическими показателями, а образовательные программы области позволили в последние годы обеспечить приток новых кадров в сельское хозяйство, производственная нагрузка на механизатора остается очень высокой в связи с сохраняющимися тяжелыми условиями труда, дефицитом техники и специалистов.

Анализ отчетов клиники профессиональных заболеваний ФБУН Саратовский НИИСГ Роспотребнадзора за период с 2008 г. по 2018 г. позволил установить, что при первичном поступлении работников АПК с болью в спине длительность ВНЗ пояснично-крестцового отдела позвоночника, как правило, превышает 12 лет (таблица), что негативно отражается на прогнозе заболевания и восстановлении профессиональной трудоспособности.

Опрос пациентов и изучение медицинской документации позволили сделать вывод о том, что на момент поступления в клинику профзаболеваний пациенты с болью в спине не получали адекватного лечения по месту жительства, что в итоге способствовало потере профессиональной трудоспособности и переходу заболевания в хроническую форму. При этом доля лиц в возрасте до 50 лет, как наиболее активных в трудовом отношении, а также наиболее перспективных в плане медицинской реабилитации, за период с 2008 года по 2018 гг. составляла от 0% до 46,7% от общего числа направленных. При этом отмечается явная тенденция к снижению этого показателя в последние годы.

Данные статистических отчетов клиники профзаболеваний ФБУН Саратовский НИИСГ Роспотребнадзора за период 2008–2018 гг. свидетельствуют о том, что в структуре первично установленных профессиональных заболеваний у машинистов-трактористов Саратовской области первое место занимает ПКР, ее доля составляет от 29% до 40% (рисунок).

Обсуждение. На профессиональную заболеваемость оказывает влияние ряд факторов: количество лиц, занятых во вредных и опасных для здоровья условиях, качество организации и проведения периодических медицинских осмотров в лечебно-профилактических учреждениях, количество направляемых в клинику работающих во вредных и опасных условиях труда с профессиональными заболеваниями, что способствует выявлению профессиональных заболеваний на ранних стадиях развития и позволяет своевременно проводить адекватные мероприятия, направленные на лечение, а также на предупреждение профессиональных заболеваний.

Таблица / Table

Длительность вертеброневрологических заболеваний и средний стаж работы в профессии на момент первичного обращения к профпатологу
The duration of vertebroneurological diseases and the average length of service in the profession at the time of initial treatment to a professional pathologist

Параметр	Год										
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Средняя длительность ВНЗ, лет	13,8	15,8	15,6	12,1	13,4	14,6	13,9	12,1	12,7	6,4	23
Средний стаж работы в профессии, лет	19,2	19,8	23,2	21,4	20,6	26,3	22,2	24,8	26,3	28	24,3
Работники до 50 лет, %	45,2	36,4	38,6	32,4	46,7	31,3	40,0	55,6	36,3	20	0

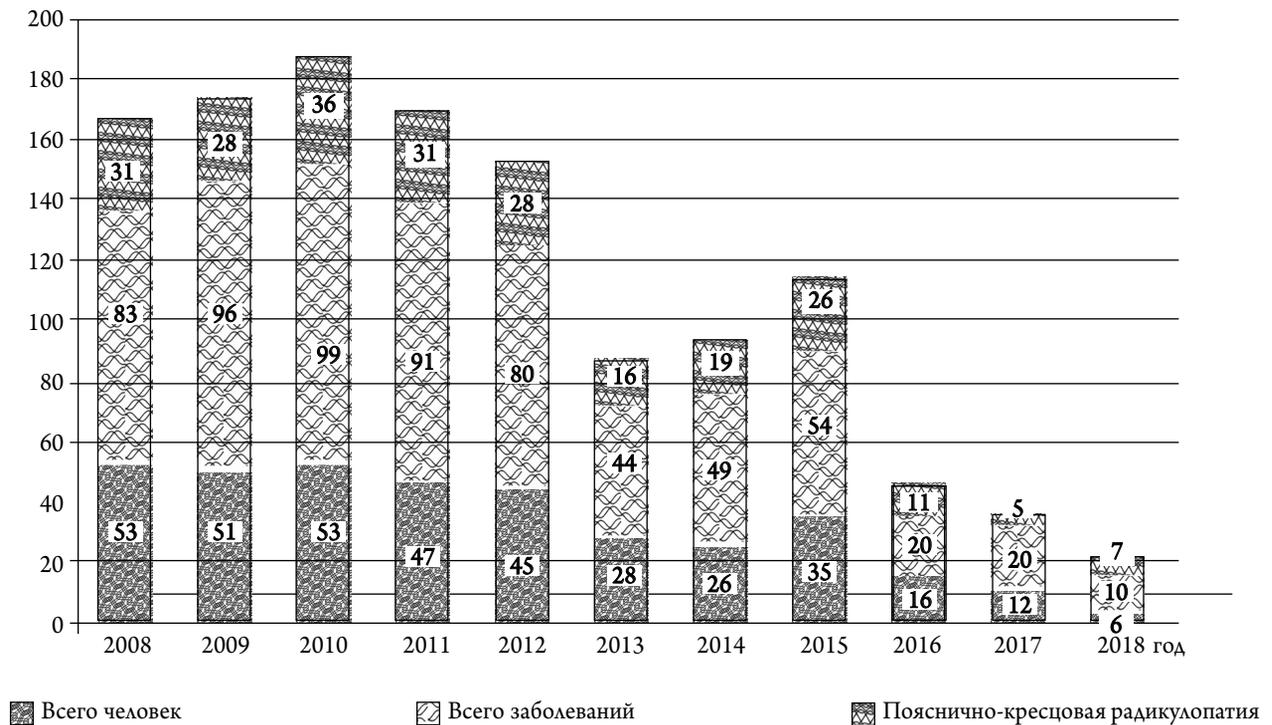


Рисунок. Соотношение числа пациентов с впервые установленным диагнозом профессионального заболевания к общему количеству впервые диагностированных профессиональных заболеваний, в том числе профессиональной пояснично-крестцовой радикулопатии в течение года.

Figure. The ratio of the number of patients with a newly diagnosed occupational disease to the total number of newly diagnosed occupational diseases, including occupational lumbosacral radiculopathy during the year.

Тенденцию к снижению количества первично установленных профессиональных заболеваний, наметившуюся в последние годы, отчасти можно объяснить обновлением техники в АПК Саратовской области, что существенно снижает воздействие вредных факторов. При этом значимыми являются социально-экономические факторы — привлечение большого количества работников без оформления трудового соглашения, нежелание работодателей идти на дополнительные издержки по поддержанию здоровья занятых в АПК, страх работников быть уволенными при выявлении профзаболевания. В результате экспертных проверок, проводимых на основании межведомственного плана совместных действий по охране труда Министерства занятости, труда и миграции области, Министерства сельского хозяйства области, Государственной инспекции труда в Саратовской области, Управления Роспотребнадзора по Саратовской области, Государственной инспекции по надзору за техническим состоянием самоходных машин и других видов техники Саратовской области и ФБУН Саратовский НИИСГ Роспотребнадзора в период подготовки и проведения полевых работ сельскохозяйственными предприятиями области, выявлены случаи отказа работодателей от проведения периодических медицинских осмотров, игнорирование противопоказаний к продолжению работы в профессии, отсутствие взаимодействия районных специалистов по охране труда с медицинскими учреждениями, низкая направляемость на обследование и профилактическое лечение лиц, работающих во вредных и опасных для здоровья условиях труда, с начальными изменениями состояния здоровья, а также имеющих неблагоприятный прогноз трудоспособности в основной профессии. Кроме того, имеет место снижение качества и частоты проведе-

ния медицинских осмотров, дефицит медицинских кадров в сельской местности. В ряде районов Саратовской области отсутствует необходимая медицинская аппаратура для проведения клинко-инструментальных обследований в полном объеме, в том числе на этапе периодических медицинских осмотров.

Немаловажную роль в снижении профессиональных заболеваний опорно-двигательного аппарата и периферической нервной системы играет совершенствование методов лечения и профилактики ВНЗ. В настоящее время на базе клиники профессиональных заболеваний ФБУН Саратовский НИИСГ Роспотребнадзора реализован комплекс лечебно-профилактических мероприятий для пациентов с заболеваниями опорно-двигательного аппарата и периферической нервной системы, включающий в себя не только традиционную медикаментозную терапию, физиотерапевтическое лечение и классическую лечебную физкультуру, но и такие методы, как сухое и подводное вытяжение позвоночника, механотерапию, лечение с применением биологической обратной связи, методы рефлекс- и мануальной терапии, использование лечебных тренажеров с компьютерным программным обеспечением.

Заключение. Таким образом, наметившаяся за последнее десятилетие тенденция к снижению числа впервые диагностированных профессиональных заболеваний, в том числе профессиональной радикулопатии, у работников аграрно-промышленного комплекса Саратовской области может быть обусловлена комплексом медицинских и социально-экономических факторов. При этом решение проблемы, направленное на сохранение здоровья работников сельского хозяйства, должно быть реализовано не только с учетом медицинских аспектов, но и на основе межведомственного взаимодействия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новикова Т.А., Райкин С.С., Буянов Е.С., Спиринов В.Ф., Рахимов Р.Б. Условия труда как факторы профессионального риска функциональных нарушений у механизаторов сельского хозяйства. *Анализ риска здоровью*. 2014; 2: 48–54.
2. Cha E.S., Kong K.A., Moon E.K., Lee W.J. Prevalence and Changes in Chronic Diseases among South Korean Farmers: 1998 to 2005. *BMC Public Health*. 2009; 9(268). Available at: <http://bmcpublichealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2458-9-268>. DOI: 10.1186/1471-2458-9-268.
3. Thelin N., Holmberg S., Nettelbladt P., Thelin A. Mortality and morbidity among farmers, nonfarming rural men, and urban referents: a prospective population-based study. *International Journal of Occupational and Environmental Health*. 2009; 9: 21–8. DOI: 10.1179/107735209799449680.
4. Tonelli S., Culp K., Donham K. Work-related Musculoskeletal Disorders in Senior Farmers: Safety and Health Considerations. *Workplace Health Safety*. 2014; 8(62): 333–41. DOI: 10.1177/216507991406200804.
5. Walker-Bone K., D'angelo S., Stevens M., Linaker C.H. Job stress and post-retirement health in the Hertfordshire Cohort Study. *Occupational Medicine*. 2018; 68(9): 572–79. DOI: 10.1093/occmed/kqy123.
6. Davis K.G., Kotowski S.E. Understanding the Ergonomic Risk for Musculoskeletal Disorders in the United States Agricultural Sector. *American Journal of Industrial Medicine*. 2007; 50: 501–11. DOI: 10.1002/ajim.20479.
7. Karttunen J.P., Rautiainen R.H. Occupational Injury and Disease Incidence and Risk Factors in Finnish Agriculture Based on Five-year Insurance Records. *Journal of Agromedicine*. 2013; 18(1): 50–64. DOI: 10.1080/1059924X.2012.742029.
8. Kotowski S.E., Davis K.G., Kim H., Lee K.S. Identifying risk factors of musculoskeletal disorders on Korean farms. *Work*. 2014; 49(1): 15–23. DOI: 10.3233/WOR-141921.
9. Rautiainen R.H., Reynolds S.J. Mortality and morbidity in agriculture in the United States. *Journal of Agricultural Safety and Health*. 2002; 9: 259–76. DOI: 10.13031/2013.9054.
10. Комлева Н.Е., Меденцов В.А., Заикина И.В. Особенности боли в спине у механизаторов сельского хозяйства. *Медицина труда и промышленная экология*. 2017; 9: 94.
11. Husky M.M., Ferdous Farin F., Compagnone P., Fermanian C., Kovess-Masfety V. Chronic back pain and its association with quality of life in a large French population survey. *BMC Public Health*. 2018; 16: 195. DOI: 10.1186/s12955-018-1018-4

REFERENCES

1. Novikova T.A., Raykin S.S., Buyanov E.S., Spirin V.F., Rakhimov R.B. Working conditions as occupational risk factors for functional disorders in agriculture machine operators. *Analiz riska zdorov'yu*. 2014; 2: 48–54 (in Russian).
2. Cha E.S., Kong K.A., Moon E.K., Lee W.J. Prevalence and Changes in Chronic Diseases among South Korean Farmers: 1998 to 2005. *BMC Public Health*. 2009; 9(268). <http://bmcpublichealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2458-9-268>. DOI: 10.1186/1471-2458-9-268.
3. Thelin N., Holmberg S., Nettelbladt P., Thelin A. Mortality and morbidity among farmers, nonfarming rural men, and urban referents: a prospective population-based study. *International Journal of Occupational and Environmental Health*. 2009; 9: 21–8. DOI: 10.1179/107735209799449680.
4. Tonelli S., Culp K., Donham K. Work-related Musculoskeletal Disorders in Senior Farmers: Safety and Health Considerations. *Workplace Health Safety*. 2014; 8(62): 333–41. DOI: 10.1177/216507991406200804.
5. Walker-Bone K., D'angelo S., Stevens M., Linaker C.H. Job stress and post-retirement health in the Hertfordshire Cohort Study. *Occupational Medicine*. 2018; 68(9): 572–79. DOI: 10.1093/occmed/kqy123.
6. Davis K.G., Kotowski S.E. Understanding the Ergonomic Risk for Musculoskeletal Disorders in the United States Agricultural Sector. *American Journal of Industrial Medicine*. 2007; 50: 501–11. DOI: 10.1002/ajim.20479.
7. Karttunen J.P., Rautiainen R.H. Occupational Injury and Disease Incidence and Risk Factors in Finnish Agriculture Based on Five-year Insurance Records. *Journal of Agromedicine*. 2013; 18(1): 50–64. DOI: 10.1080/1059924X.2012.742029.
8. Kotowski S.E., Davis K.G., Kim H., Lee K.S. Identifying risk factors of musculoskeletal disorders on Korean farms. *Work*. 2014; 49(1): 15–23. DOI: 10.3233/WOR-141921.
9. Rautiainen R.H., Reynolds S.J. Mortality and morbidity in agriculture in the United States. *Journal of Agricultural Safety and Health*. 2002; 9: 259–76. DOI: 10.13031/2013.9054.
10. Komleva N.E., Medentsov V.A., Zaikina I.V. Features of back pain in agricultural mechanics. *Med. truda i prom. ecol.* 2017; 9: 94 (in Russian).
11. Husky M.M., Ferdous Farin F., Compagnone P., Fermanian C., Kovess-Masfety V. Chronic back pain and its association with quality of life in a large French population survey. *BMC Public Health*. 2018; 16: 195. DOI: 10.1186/s12955-018-1018-4.

ДИСКУССИИ

DOI: <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-5-339-343>

УДК 613.693: [613.644+616.28]

© Коллектив авторов, 2020

Прокопенко Л.В., Курьеров Н.Н., Лагутина А.В.

Перспективы гармонизации отечественных нормативов по вибрации с международными стандартами

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова», пр-т Буденного 31, Москва, Россия, 105275

Полное виброускорение, как оценочный и нормируемый параметр вибрационных характеристик машин и вибрации, действующей на человека, применяется для регулирования действия вибрации в нормативных документах стран Евросоюза. В отечественной практике для этих целей применяется максимальное «корректированное виброускорение», измеренное для каждого направления базисцентрической системы координат. Проведено сравнение обоих принципов оценки на примерах измерений вибрации от различных источников по максимальному безопасному времени действия вибрации в типичных условиях эксплуатации виброактивного оборудования. Для вибрационных экспозиций от большинства ручных машин, транспортных средств и транспортно-технологических машин оценка вибрационных экспозиций по Директиве 2002/44/ЕС практически во всех случаях будет более «жесткой», чем по СанПиН 2.2.4.3359–16.

Ключевые слова: полное виброускорение; экспозиция вибрации; безопасное время работы

Для цитирования: Прокопенко Л.В., Курьеров Н.Н., Лагутина А.В. Перспективы гармонизации отечественных нормативов по вибрации с международными стандартами. *Мед. труда и пром. экол.* 2020; 60 (5). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-5-339-343>

Для корреспонденции: Курьеров Николай Николаевич, вед. науч. сотр. лаб. физический факторов ФГБНУ «НИИ МТ». E-mail: courierov@mail.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Дата поступления: 13.04.2020 / **Дата принятия к печати:** 22.04.2020 / **Дата публикации:** 18.05.2020

Lyudmila V. Prokopenko, Nikolay N. Courierov, Alla V. Lagutina

Prospects for harmonization of domestic vibration standards with international standards

Izmerov Research Institute of Occupation Health, 31, Budionnogo Ave., Moscow, Russia, 105275

Full vibration acceleration, as an estimated and normalized parameter of the vibration characteristics of machines and vibration acting on a person, is used to regulate the effect of vibration in the regulatory documents of the European Union (EU). In Russian practice, the maximum «corrected vibration acceleration» measured for each direction of the basicentric coordinate system is used for these purposes. Both evaluation principles are compared using examples of vibration measurements from various sources for the maximum safe duration of vibration in typical operating conditions of vibroactive equipment. For vibration exposures from most manual machines, vehicles and transport and technological machines, the assessment of vibration exposures under Directive 2002/44 / EU will in almost all cases be more «rigid» than under SanPiN 2.2.4.3359–16.

Keywords: full vibration acceleration; vibration exposure; safe operating time

For citation: Prokopenko L.V., Courierov N.N., Lagutina A.V. Prospects of harmonization of domestic vibration standards with international standards. *Med. truda i prom ekol.* 2020; 60 (5). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-5-339-343>

For correspondence: Nikolay N. Kur'evov, leading researcher of scientific and technical laboratory of Izmerov Research Institute of Occupation Health. E-mail: courierov@mail.ru

ORCID: Prokopenko L.V. 0000-0001-7767-8483, Kur'evov N.N. 0000-0001-7064-5849, Lagutina A.V. 0000-0002-7177-1350

Funding. The study had no funding.

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

Received: 13.04.2020 / **Accepted:** 22.04.2020 / **Published:** 18.05.2020

Полное виброускорение в качестве оценочного параметра для вибрационной экспозиции широкополосной общей вибрации случайного характера публиковалось в международных стандартах с 1985 г. [1].

Этот параметр был введен стандартами [2,3] в качестве одночисловой вибрационной характеристики (ВХ) машин для заявления производителя в эксплуатационной документации и в качестве рекомендованного — для измерения и оценки вибрации, действующей на человека [4,5].

Применение этого параметра для регулирования действия вибрации, действующей на человека, получило распространение после принятия странами Евросоюза Директивы 2002/44/ЕС Европейского парламента и Совета от 25 июня 2002 г. о минимальных требованиях к безопасности и охране здоровья работников от рисков, связанных с действием физических факторов (вибрации) [6] в качестве основы для разработки национальных нормативных документов.

Директива 2002/44/ЕС устанавливает минимальные требования для защиты работников от рисков для здоровья и безопасности, которые возникают или могут возникнуть в результате воздействия общей и/или локальной вибрации, в частности, для костно-мышечных, неврологических и сосудистых нарушений, с целью минимизации заболеваемости и несчастных случаев, вызванных воздействием вибрации на работников. Директива направлена на устранение рисков, которые, в первую очередь, приводят к долгосрочным проблемам со здоровьем, а не к несчастным случаям (травмам), хотя в ней также определены некоторые острые риски для безопасности [7].

Директива определяет долгосрочные риски как сосудистые, костные или суставные, неврологические или мышечные расстройства, особенно синдром вибрации кистей рук (HAVS), ранее называемый «синдромом белых пальцев» (*Vibration White Finger — VWF*) и синдром запястного канала (*CTS*) от действия локальной вибрации. Долгосрочные риски от действия общей вибрации определены как заболеваемость нижней части спины и позвоночника, острые риски – как травмы позвоночника. Для действия локальной вибрации острые риски Директивой не определены [7].

Психофизиологические критерии оценки действия общей вибрации на человека по трем редакциям стандарта ISO 2631 с 1978 по 1997 г., которые использовались при нормировании претерпевали изменения, представлены в таблице.

Таблица 1 / Table 1

Психофизиологические критерии оценки действия общей вибрации на человека по трем редакциям стандарта ISO 2631 с 1978 по 1997 г.

Psychophysiological criteria for evaluating the effect of general vibration on a person in three editions of ISO 2631 from 1978 to 1997

ISO 2631:1974 и ISO 2631:1978	ISO 2631:1997
Предел воздействия	
Граница снижения производительности труда от усталости	
Порог снижения комфорта	Здоровье и комфорт человека
	Вероятность ощущения вибрации
	Проявления болезни движения (укачивание)

По критерию «предел воздействия» обеспечивается безопасность и здоровье человека. По мнению отечественных исследователей, при этом возможен риск патологических спинальных нарушений [8].

По критерию «граница снижения производительности труда от усталости» обеспечивается сохранение производительности труда, возможно утомление к концу рабочей смены, которое восстанавливается к следующему рабочему дню.

По критерию «порог снижения комфорта» обеспечиваются комфортные условия на рабочем месте.

Критерий «здоровье» обеспечивает сохранение здоровья и оценивается по объективным показателям с учетом риска возникновения профессиональной патологии, но исключающий возникновение травмоопасных и аварийных ситуаций, связанных с воздействием вибрации, критерий «комфорт» обеспечивает оператору условия труда при отсутствии мешающего воздействия (дискомфорта).

Критерий «вероятность ощущения вибрации» обеспечивает практическое отсутствие ощущения вибрации.

Критерий «проявления болезни движения» применяется для оценки вибраций ниже 0,5 Гц, обеспечивает снижение вероятности проявлений болезни движения (морской болезни). Этот частотный диапазон в России не нормируется.

Оценка действия общей вибрации разных категорий по отечественному санитарному законодательству базируется на системе, которая использовалась в странах Европы, в том числе в странах Совета экономической взаимопомощи (СЭВ), в 70–80 гг. прошлого века (табл. 2).

Таблица 2 / Table 2

Критерии оценки действия общей вибрации по стандартам СЭВ 1932–79 и 2602–80

Criteria for evaluating the effect of general vibration according to the Council for mutual economic assistance standards 1932–79 and 2602–80

Категория общей вибрации	Критерий
1	Предел воздействия
2	Сниженная работоспособность
3а	Ограниченный комфорт
3б	–
3в	Чувствительность

Для обозначения виброускорения «полной вибрации» используют обозначение « a_n ».

Расчет параметра «полная вибрация» определен стандартами международной организации стандартизации ISO (ИСО):

- для локальной вибрации — ISO 5349–1:2001 [5], как суммарная величина в виде корня квадратного из суммы квадратов частотно-корректированных величин ускорений по трем ортогональным направлениям:

$$a_{h,WV} = \sqrt{a_{h,WX}^2 + a_{h,WY}^2 + a_{h,WZ}^2} \quad (1)$$

где: $a_{h,WX}$, $a_{h,WY}$, $a_{h,WZ}$ — среднеквадратичные значения скорректированного виброускорения локальной вибрации, ms^{-2} , в направлениях X, Y, Z базисцентрической системы координат (БСК), соответственно;

- для общей вибрации — ИСО 2631–1:1997 [2], как суммарная величина в виде корня квадратного из суммы квадратов частотно-корректированных величин ускорений по трем ортогональным осям с весовыми коэффициентами для положений работника сидя или стоя:

$$a_{h,WV} = \sqrt{k_X^2 \times a_{h,WX}^2 + k_Y^2 \times a_{h,WY}^2 + k_Z^2 \times a_{h,WZ}^2} \quad (2)$$

где: $a_{w,X}$, $a_{w,Y}$, $a_{w,Z}$ — среднеквадратичные значения скорректированного виброускорения общей вибрации, ms^{-2} , в направлениях X, Y, Z БСК, соответственно, k_X , k_Y , k_Z — весовые коэффициенты.

Для оценки общей вибрации на рабочих местах по критерию «сохранение здоровья или безопасность» для положений тела человека сидя и стоя величины коэффициентов составляют $k_X=k_Y=1,4$ и $k_Z=1$.

Для оценки общей вибрации по критерию «сохранение комфорта» для человека в положении сидя величины коэффициентов составляют $k_X=k_Y=k_Z=1$.

Директива 2002/44/ЕС (статья 3) разделяет такие понятия, как действующая величина ежедневной экспозиции, превышение которой требует принятия мер профилактики, и предельная величина ежедневной экспозиции, превышение которой не допускается.

Таким образом определен диапазон между действующей и предельной величиной ежедневной экспозиции вибрации, в котором действие вибрации признается вредным и требует принятия технических, организационных, медицинских и других мер профилактики, но при этом допускается продолжение работы (табл. 3).

Таблица 3 / Table 3

Величины ежедневной экспозиции вибрации, предельные и требующие принятия мер по Директиве 2002/44/ЕС [6]

Daily vibration exposure limits and measures required by Directive 2002/44 / EU [6]

Показатель	Значение показателя	
	Вибрация кисти-предплечья*	Вибрация всего тела**
Величина, предельная для ежедневной экспозиции, стандартизованная по опорному 8 ч периоду, мс^{-2}	5	1,15
Величина, требующая принятия мер, для ежедневной экспозиции, стандартизованная по опорному 8 ч периоду, мс^{-2}	2,5	0,5

Примечания: * — приведен дословный перевод, обозначающий локальную вибрацию; ** — приведен дословный перевод, обозначающий общую вибрацию.

Notes: * — provides a literal translation for local vibration; ** — provides a literal translation for total vibration.

Ряд стран ЕС сохраняет некоторые особенности нормирования вибрации в своих национальных законодательствах.

Например, в Польше ограничена максимальная экспозиция локальной вибрации — 35 мс^{-2} за 0,5 часа. Для заинтересованных государств — членов ЕС (имеется в виду Великобритания), предельная величина дозы вибрации (VDV) составляет $21 \text{ мс}^{-1,75}$. Стандартизованная для 8 ч действующая величина дозы вибрации составляет $9,1 \text{ мс}^{-1,75}$. В Финляндии ограничено пиковое виброускорение величиной 7 мс^{-2} для общей вибрации.

Сравнивая требования отечественных СН 2.2.4/2.1.8.566–96 и СанПиН 3359–16 с рекомендациями Директивы 2002/44/ЕС, следует подчеркнуть, что при практическом совпадении величин ПДУ имеется значительное различие систем оценки вибраций и их профилактики. Отечественные нормы устанавливают требования к производственным и коммунальным вибрациям,

не затрагивая вопросов медицинского обслуживания подверженных лиц. В Директиве 2002/44/ЕС четко просматривается подход по оценке профессионального риска при действии вибрации и управления им, включая медицинские осмотры подверженных работников, при этом детально прописаны механизмы обеспечения вибробезопасности работников.

В целом основные положения Директивы 2002/44/ЕС не противоречат отечественному законодательству по труду, принципам гигиенического нормирования и сложившейся практике их применения, и могут быть основой гармонизации нормативно-правовых актов.

Гармонизация нормативно-методической базы РФ для оценки действия вибрации на работников получила развитие со вступлением нашей страны во Всемирную торговую организацию (ВТО).

В нулевые годы был принят ряд стандартов на методы измерения вибрации, действующей на человека, которые установили частотные коррекции для определения скорректированных значений (уровней) вибрации, несколько отличающиеся от частотных коррекций (весовых коэффициентов), ранее установленных отечественными НТД, что положительно сказалось на качестве результатов измерений фактора. Сложилась стройная система стандартов, имеющая в основе ГОСТ 12.1.012–2004 и две ветви стандартов — для измерения и оценки вибрации, действующей на человека и измерений вибрации при испытании виброактивных машин.

С принятием СанПиН 2.2.4.3359–16 часть рекомендаций Директивы 2002/44/ЕС была учтена в отечественном санитарном законодательстве, в частности отказ от оценки вибрации по спектральным характеристикам и принятием для этой цели частотных коррекций W_h , W_k , W_d для производственных вибраций.

Основным различием рекомендаций Директивы 2002/44/ЕС и отечественных принципов оценки вибрации является использование количественных параметров «полное скорректированное виброускорение» в Европейских документах и максимального «скорректированного виброускорения», измеренного для каждого направления БСК, в отечественных.

Формирование величины полного виброускорения из трех величин, измеренных для каждого направления должно привести к тому, что полное виброускорение всегда будет больше, чем наибольшее виброускорение по одному из отдельных направлений. Это различие может достигать величины 1,7 раза (около 5 дБ) при равных виброускорениях во всех трех направлениях. При

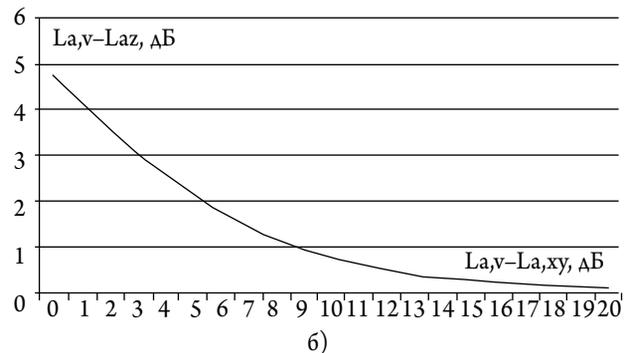
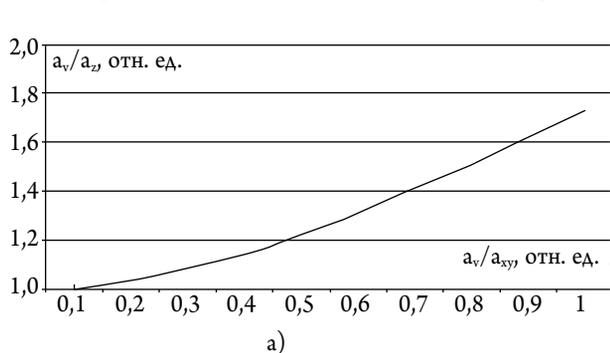


Рис. 1. Изменение величины полного виброускорения от соотношения виброускорений по направлениям БСК: а) для натуральных величин, б) для уровней виброускорения в дБ.

Fig. 1. Change in the value of the total vibration acceleration from the ratio of vibration accelerations in the basicentric coordinate system (BCS) directions: a) for natural values, b) for vibration acceleration levels in dB.

превалировании одного из направлений БСК различие будет уменьшаться с увеличением разницы виброускорений. При различии более чем в 10 раз (20 дБ), полное виброускорение практически сравняется с максимальной величиной по направлениям БСК. На рисунке 1 показаны рассчитанные зависимости различия полного виброускорения и виброускорения по «максимальному» направлению для натуральных величин (а) и для уровней виброускорения (б).

При расчете этих зависимостей было условно принято, что виброускорение по направлению Z больше, чем по направлениям X и Y.

Из-за различия принципов оценки действия вибрации по величинам полного виброускорения и максимального виброускорения в одном из направлений БСК возникает вопрос «что лучше?».

Цель исследования состояла в сравнении принципов оценки вибрации по «полному скорректированному виброускорению» и с использованием «максимального скорректированного виброускорения», измеренного для направлений БСК на примерах измерений вибрации от различных источников разработанным методом.

В качестве параметра сравнения применена продолжительность действия вибрации от различных источников, при котором достигается величина ежедневной вибрационной экспозиции для полного виброускорения, требующая принятия мер, и ПДУ по максимальному виброускорению направлений БСК, т. е. *максимальное безопасное время действия вибрации*.

Разработан метод сравнения принципов оценки вибрации по максимальному безопасному времени действия вибрации, для его реализации применена технология расчета максимального безопасного времени действия вибрации, основанная на методе последовательных приближений с использованием табличного процессора «Microsoft Excel» и соответствующих макросов.

В качестве оценочного параметра применено максимальное безопасное время действия вибрации различных источников (различных видов виброинструмента, транспортных и транспортно-технологических машин и др.), при котором в случае локальной вибрации (ЛВ) достигается величина вибрационной экспозиции $2,5 \text{ мс}^{-2}$ для полного виброускорения и $2,0 \text{ мс}^{-2}$ для максимального виброускорения по одному из направлений

БСК. В случае общей вибрации (ОВ) – предельная величина вибрационной экспозиции $0,5 \text{ мс}^{-2}$ для полного виброускорения, и ПДУ 1-й категории общей вибрации (ОВ) $0,56$ и $0,4 \text{ мс}^{-2}$ и 2-й категории ОВ $0,28$ и $0,2 \text{ мс}^{-2}$ для вертикального и горизонтальных направлений БСК, соответственно.

В качестве исходных данных взяты результаты измерений виброускорения общей и локальной вибрации из базы данных лаборатории шума и вибрации ФГБНУ «НИИ МТ».

Для исследований выбраны 4 группы машин и оборудования:

- 10 единиц бензомоторного инструмента: (бензопилы, бензомоторный дисковый резак, бензомоторный бур, бензомоторная коса (триммер), бензомоторные ножницы (кусторез), бензомоторная газонокосилка);
- 40 единиц электроинструмента и оборудования: (электропилы, углошлифовальные машины, перфораторы, электродрели, шуруповерты, шлифмашины, бормашини, гайковерты, электроножницы);
- 35 единиц транспортных средств (автомобили, тракторы, бульдозеры, дорожно-строительные машины);
- 11 единиц транспортно-технологических машин (экскаваторы, авто- и электропогрузчики).

Максимальное безопасное время действия вибрации рассчитывалось для типичных условий эксплуатации виброактивного оборудования.

На рисунке 2 представлено определение максимального безопасного времени работы по зависимостям роста экспозиции: а) локальной вибрации за рабочую смену на рукоятках бензомоторной пилы и б) общей вибрации на сидении трактора «Беларусь».

У бензопил наибольшее виброускорение зарегистрировано по направлению Y. В то же время полное виброускорение a_n превышает ускорение по направлению Y примерно в полтора раза.

Для бензопилы MS-460 допустимое время работы для полного виброускорения (t_n) составит 0,50 часа, а допустимое время работы для виброускорения по направлениям Y(t_y) — 0,59 часа.

На сидении трактора наибольшее виброускорение зарегистрировано по направлению Z, полное виброускорение a_n превышает ускорение по направлению Z примерно в 1,65 раза.

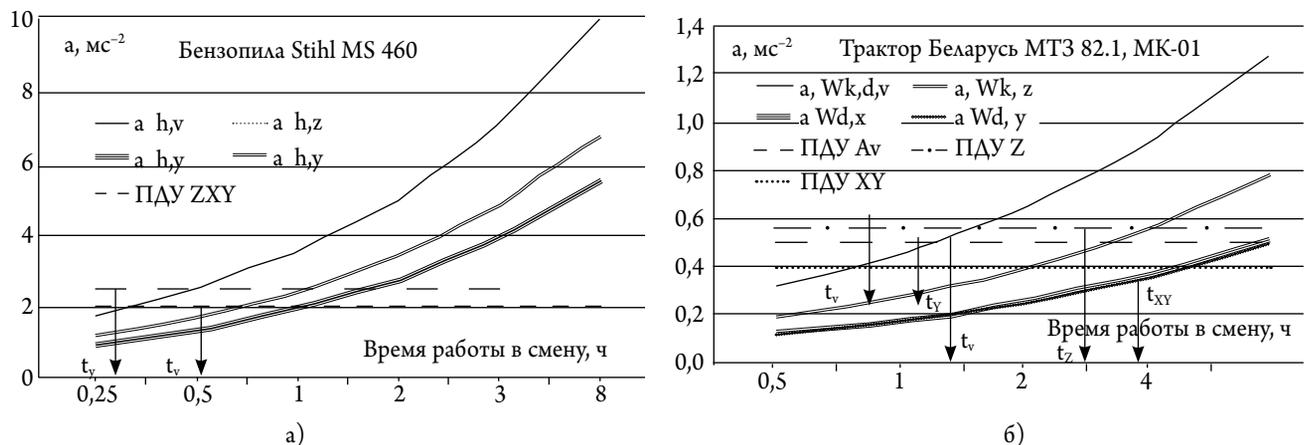


Рис. 2. Определение максимального безопасного времени действия вибрации по зависимостям роста экспозиции: а) локальной вибрации на рукоятках бензомоторной пилы; б) общей вибрации на сидении трактора «Беларусь»

Fig. 2. Determination of the maximum safe time of vibration action based on the dependence of exposure growth: a) local vibration on the handles of a gasoline-powered saw; b) total vibration on the seat of a tractor «Belarus»

На сидении трактора «Беларусь» МТЗ 82.1 допустимое время работы для полного виброускорения (t_n) составило 1,23 часа, а допустимое время работы для виброускорения по направлению Z (t_z) — 4,18 часа.

Определены величины максимального безопасного времени действия вибрации, диапазон их разброса и доля случаев (в процентах), когда оценка вибрации по полному виброускорению была жестче, чем по максимальному виброускорению одного из направлений БСК для следующих видов оборудования, ручных машин и транспортных средств:

- бензодвигательный инструмент и оборудование (локальная вибрация);
- электроинструмент и оборудование (локальная вибрация);
- транспортные средства и транспортно-технологические машины (локальная и общая вибрация).

Для бензодвигательного инструмента и оборудования в 88% случаев оценка вибрации по полному виброускорению была жестче, чем по максимальному виброускорению направлений БСК. Диапазон отношений максимального безопасного времени действия вибрации составил 0,84–1,48.

Для электроинструмента и оборудования - 80% и 0,82–2,60, соответственно.

Для локальной вибрации на органах управления транспортных средств и транспортно-технологических машин оборудования — 77% и 0,98–4,35, соответственно.

Для общей вибрации на сидениях транспортных средств и транспортно-технологических машин, оцениваемых по ПДУ 1-й категории, в 100% случаев оценка вибрации по полному виброускорению была жестче, чем по максимальному виброускорению направлений БСК. Диапазон отношений максимального безопасного времени действия вибрации составил 1,42–3,41.

Для общей вибрации на сидениях транспортно-технологических машин, оцениваемых по ПДУ 2-й категории - 100% и 1,14–1,87 соответственно.

Разработанный метод сравнения по максимальному безопасному времени двух различных принципов оценки действия вибрации позволил ответить на вопрос, какой из методов «лучше».

С точки зрения профилактики вредного действия вибрации получается, что оценка по полному виброускорению, для величины вибрационной экспозиции, требующей принятия мер по Директиве 2002/44/ЕС, будет «жестче», чем оценка по максимальному виброускорению одного из направлений БСК для ПДУ по СанПиН 2.2.4.3359–16.

Соответственно, профилактические мероприятия технического, организационного и медицинского характера по отношению к работнику должны быть начаты при меньшей экспозиции вибрации, что позволит обеспечить сохранение здоровья или безопасность на более высоком качественном уровне.

При принятии системы оценки вибрации по «полному» виброускорению в соответствии с рекомендациями Директивы 2002/44/ЕС в порядке гармонизации отечественных нормативных документов, нужно быть готовыми к тому, что действие вибрации будет оцениваться как «вредное» гораздо чаще, чем при применении традиционного принципа нормирования. Соответственно, изменится и вся система определения классов условий труда для фактора «вибрация».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ISO 2631–1:1985 Evaluation of human exposure to whole-body vibration — part 1. General requirements.

2. EN 12096:1997 «Вибрация. Заявление и подтверждение заявленных характеристик вибрационной активности машин и оборудования» (EN 12096:97 «Mechanical vibration — Declaration and verification of vibration emission values»).

3. EN 12786:1999 «Безопасность машин. Руководство по составлению разделов вибрационной безопасности в общих стандартах безопасности» (EN 12786:99 «Safety of machinery — Guidance for the drafting of vibration clauses of safety standards»).

4. ISO 2631–1:1997 Mechanical vibration and shock — Evaluation of human exposure to whole-body vibration — Part 1: General requirements.

5. ISO 5349–1:2001 Mechanical vibration. Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration. Part 1. General requirements.

6. Directive 2002/44/EC of 25 June 2002 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (vibration) (sixteenth individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC).

7. Evaluation of the Practical Implementation of the EU Occupational Safety and Health (OSH) Directives in EU Member States. Final report by directive: Directive 2002/44/EC on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (vibration) dg employment. Social affairs and inclusion. COWI A/S August 2015.

8. Суворов Г.А., Старожук И.А., Тарасова Л.А. *Общая вибрация и вибрационная болезнь*. ДИС ОА «Автоваз»; 2000: 122–41.

REFERENCES

1. ISO 2631–1:1985 Evaluation of human exposure to whole-body vibration — part 1. General requirements.

2. EN 12096:1997 «Vibration. Statement and confirmation of the declared characteristics of vibration activity of machines and equipment (EN 12096:97 «Mechanical vibration — Declaration and verification of vibration emission values»).

3. EN 12786:1999 «Safety of machinery. Guidelines for creating vibration safety sections in General safety standards (EN 12786:99 «Safety of machinery — Guidance for the drafting of vibration clauses of safety standards»).

4. ISO 2631–1:1997 Mechanical vibration and shock — Evaluation of human exposure to whole-body vibration — Part 1: General requirements.

5. ISO 5349–1:2001 Mechanical vibration. Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration. Part 1. General requirements.

6. Directive 2002/44/EC of 25 June 2002 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (vibration) (sixteenth individual Directive within the meaning of Article 16 (1) of Directive 89/391/EEC).

7. Evaluation of the Practical Implementation of the EU Occupational Safety and Health (OSH) Directives in EU Member States. Final report by directive: Directive 2002/44/EU on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (vibration) dg employment. Social affairs and inclusion. COWI A/S August 2015.

8. Suvorov G.A., Starozhuk I.A., Tarasova L.A. *Obshchaya vibratsiya i vibratsionnaya bolezni*. DIS OA «AvtoVAZ». 2000: 122–41.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

DOI: <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-5-344-348>

УДК 616.127:599.325

© Воробьева В.В., Шабанов П.Д.

Воробьева В.В., Шабанов П.Д.

Влияние общей вибрации на функции дыхательной цепи митохондрий почки кроликов в эксперименте

ФГБНУ «Институт экспериментальной медицины», ул. Академика Павлова, 12, Санкт-Петербург, Россия, 197376

Проведено экспериментальное изучение энергозависимых реакций нативных митохондрий почки кролика при неблагоприятном действии различных режимов общей вертикальной вибрации.

Энергозависимые реакции нативных митохондрий коркового слоя почки кролика до и после воздействия общей вибрации с частотой 8 и 44 Гц на протяжении 7, 21 и 56 сеансов по 60 мин. изучены полярографическим методом с помощью закрытого мембранного электрода типа Кларка. Различные метаболические состояния митохондрий моделировали *in vitro*, вводя в полярографическую ячейку с гомогенатом ткани экзогенные энергетические субстраты (янтарная, глутаминовая и яблочная кислоты) до и после добавления разобщителя окислительного фосфорилирования 2,4-динитрофенола. Вклад в эндогенную дыхательную активность митохондрий NAD- и FAD-зависимых субстратов оценивался по данным ингибиторного анализа с амиталом или малонатом.

Скорость эндогенного дыхания на фоне вибрации 8 Гц колебалась от $8,13 \pm 1,4$ до $14,1 \pm 1,8$ (нг-атом O) $\text{мин}^{-1} \text{мг}^{-1}$ белка достоверно отличаясь от аналогичного показателя контрольных животных после 56 сеансов вибрации. Ингибиторный анализ показал, что вибрация с частотой 44 Гц в те же сроки вызвала подъем малонатчувствительности на 40% ($p < 0,05$) с последующим ее уменьшением ниже уровня контроля, свидетельствуя о начале угнетения сукцинатзависимой биоэнергетики.

Окисление экзогенных NAD-зависимых субстратов (яблочной и глутаминовой кислот) угнетается независимо от частоты вибрации, тогда как скорость окисления экзогенной янтарной кислоты возрастает на 45% ($p < 0,05$) после 21 сеанса вибрации 44 Гц, снижаясь к завершению 56 сеансов вибрации. Аналогичные изменения наблюдались в разобщенном состоянии дыхательной цепи митохондрий, о чем свидетельствуют разнонаправленные высокоамплитудные колебания показателя $V_{\text{ак-р}}$ в диапазоне 50–60% относительно уровня контроля после 7, 21 и 56 сеансов вибрационного воздействия. Выявлено, что нарушение баланса между функциональной активностью FAD- и NAD-зависимых звеньев дыхательной цепи митохондрий зависит от частоты и длительности вибрации, свидетельствует о развитии биоэнергетической гипоксии и сопровождается морфогистологическими признаками гломерулопатии экссудативного интра- и экстракапиллярного типа.

Ключевые слова: *вибрация; митохондрии; полярография; энергетический обмен почки; гипоксия; дистрофия*

Для цитирования: Воробьева В.В., Шабанов П.Д. Влияние общей вибрации на функции дыхательной цепи митохондрий почки кроликов в эксперименте. *Мед. труда и пром. экол.* 2020; 60 (5). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-5-344-348>

Для корреспонденции: Воробьева Виктория Владимировна, ст. преподаватель каф. фармакологии Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова, д-р мед. наук. E-mail: vv.vorobeva@mail.ru

Финансирование. Грант Российского фонда фундаментальных исследований при РАН (РФФИ №10-04-00473, №13-04-00186).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Дата поступления: 25.02.2020 / *Дата принятия к печати:* 20.04.2020 / *Дата публикации:* 18.05.2020

Viktoriya V. Vorobeva, Petr D. Shabanov

Influence of general vibration on the functions of the kidney mitochondrial respiratory chain of rabbits in the experiment

Institute of Experimental Medicine, 12, Akademika Pavlova Str., St. Petersburg, 197376

An experimental study of energy-dependent reactions of native rabbit kidney mitochondria under the adverse effect of various modes of general vertical vibration was conducted.

Energy-dependent reactions of native mitochondria of the cortical layer of the rabbit kidney before and after exposure to general vibration with a frequency of 8 and 44 Hz for 7, 21 and 56 sessions of 60 minutes, they were studied by polarographic method using a closed Clark-type membrane electrode. Various metabolic states of mitochondria were modeled *in vitro* by introducing exogenous energy substrates (succinic, glutamic, and malic acids) into the polarographic cell with tissue homogenate before and after the addition of the oxidative phosphorylation disconnecter 2,4-dinitrophenol. The contribution to the endogenous respiratory activity of mitochondria of NAD — and FAD-dependent substrates was evaluated according to inhibitory analysis with amital or malonate.

The rate of endogenous respiration on the background of 8 Hz vibration ranged from 8.13 ± 1.4 to 14.1 ± 1.8 (ng-atom o) $\text{min}^{-1} \text{mg}^{-1}$, significantly differing from the same indicator of control animals after 56 sessions of vibration. Inhibitor

analysis showed that vibration with a frequency of 44 Hz in the same time period caused an increase in malonatesensitivity by 40% ($p < 0.05$) with its subsequent decrease below the control level, indicating the beginning of suppression of succinate-dependent bioenergetics.

The oxidation of exogenous NAD-dependent substrates (malic and glutamic acids) is suppressed regardless of the frequency of vibration, while the rate of oxidation of exogenous succinic acid increases by 45% ($p < 0.05$) after 21 sessions of 44 Hz vibration, decreasing to the end of 56 sessions of vibration. Similar changes were observed in the disconnected state of the respiratory chain of mitochondria, as evidenced by multidirectional high-amplitude fluctuations of the VJ-p index in the range of 50–60% relative to the control level after 7, 21 and 56 sessions of vibration exposure.

It was found that the imbalance between the functional activity of FAD- and NAD-dependent links of the respiratory chain of mitochondria depends on the frequency and duration of vibration, indicates the development of bioenergetic hypoxia and is accompanied by morphohistological signs of glomerulopathy of exudative intra- and extra-capillary type.

Key words: vibration; mitochondria; polarography; energy metabolism of the kidney; hypoxia; degeneration

For citation: Vorob'yova V.V., Shabanov P.D. Influence of general vibration on the functions of the kidney mitochondrial respiratory chain of rabbits in the experiment. *Med. truda i prom ekol. Ecol.* 2020; 60 (5). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-5-344-348>

For correspondence: Viktoriya V. Vorob'yova, senior teacher of Department of pharmacology of the Kirov Military Medical Academy, Dr. of Sci. (Med.) E-mail: v.v.vorobeva@mail.ru

ORCID: Shabanov P.D. 0000-0003-1464-1127

Funding. Grant from the Russian foundation of basic research at the Russian Academy of Sciences (RFFI No 10-04-00473, No 13-04-00186).

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

Received: 25.02.2020 / Accepted: 20.04.2020 / Published: 18.05.2020

Введение. В области научного обеспечения мер по охране здоровья работающего населения поставлено задача изучения особенностей формирования и течения профессиональных заболеваний с учетом доза-эффект зависимостей [1]. Известно, что среди техногенных производственных факторов в ведущих отраслях промышленности одним из наиболее распространенных и значимых является вибрация, действующая как хронический стрессор, вызывающий напряжение адаптационно-компенсаторных систем организма и формирование вибрационной болезни.

Доказано, что все гомеостатические системы организма вовлекаются в реакции на стресс-вибрационное воздействие и зависят от энергии колебания данного физического фактора [2]. Действие вибрации на биологические структуры приводит к нарушению структурной организации всех тканей и может доходить до степени деструктуризации и паранекроза на фоне выраженных расстройств кровообращения [3], что отражается целым рядом тканевых биомаркеров [4,5].

Считается, что фактор вибрационного воздействия порождает гидродинамические силы, вызывающие колебания центрального и периферического внутрисосудистого давления, способные изменить кровенаполнение паренхиматозных органов, периферический крово- и лимфоотток [6], вызывая значительные изменения ультраструктуры клеток мышечного слоя артерий, деградацию регуляции их тонуса и, как следствие, регенераторно-пластическую недостаточность на уровне паренхиматозных органов [6,7].

Между нейроэндокринными нарушениями, мембранопатиями, активацией системы перекисного окисления липидов, торможением антиоксидантной защиты [8] и состоянием сосудов при вибрационной болезни существуют тесные взаимобратные связи, формирующие системные микроангиопатии, ведущие к капиллярно-трофической недостаточности и вибрационной висцеропатии [7]. Совокупность данных синдромов является причиной нарушения диффузии кислорода на уровне тканевых капилляров. Об этом свидетельствует наличие венозной гипероксии, уменьшение артерио-венозной разницы по кислороду и утилизации кислорода тканями у больных вибрационной болезнью разной степени тяжести [9].

В перечне профессиональных заболеваний (приказ Минздравсоцразвития России от 27.04.2012 г. № 417) присутствуют профессиональные заболевания почек, возникающие при контакте с физическими факторами, общей и локальной вибрацией [10]. Несмотря на многочисленные данные о патогенезе вибрационной болезни, роль нарушения тканевой биоэнергетики в развитии вибрационно обусловленных висцеропатий, и патологии почки, в частности, остаются не достаточно изученными, что снижает эффективность профилактических и лечебных мероприятий [1].

Материал и методика исследования. Эксперименты проведены на 80 кроликах-самцах породы Шиншилла массой 2,5–3 кг в возрасте 3–4 месяца с соблюдением «Правил проведения работ с использованием экспериментальных животных» (приказ № 755 от 12. 08. 1977 г. МЗ СССР). Действие общей вибрации с амплитудой 0,5 мм осуществлялось с помощью промышленной установки УВ 70/200 (производства машиностроительного объединения «Маяк», г. Киров). Ежедневные сеансы по 60 мин. с частотой 8 и 44 Гц проводились в течение 7, 21, 56 дней (без выходных) в утренние часы с 9.00 до 11.00 в осенне-зимний период.

Изучение энергетического статуса нативных митохондрий (Мх) проведено согласно методическим рекомендациям [11] полярографическим методом в ячейке 1 мл, при 37°C в среде инкубации, уравновешенной с кислородом воздуха [12]. Скорость дыхания Мх (V) в зависимости от добавок в ячейку выражалась в (нг-атом O) мин⁻¹ мг⁻¹ белка. Метаболические состояния Мх «покоя» и «активности» моделировались *in vitro* при варьировании экзогенных энергетических субстратов (до и после введения в ячейку 2,4-динитрофенола) [13,14].

Вклад в эндогенную дыхательную активность (V) Мх NAD- и FAD-зависимых субстратов (NAD-3С и FAD-3С) оценивался по данным ингибиторного анализа [12] с амталом или малонатом, вводимых в ячейку на фоне эндогенного дыхания до концентрации 2 ммоль.

В качестве экзогенных субстратов использовали FAD-3С — янтарную кислоту (V_{як}), 1 ммоль или смесь NAD-3С — глутаминовой и яблочной кислот (Глу+мал) по 3 ммоль (V_{глу+мал}). Введением в ячейку разбавителя 2,4-ди-

нитрофенола (2,4-ДНФ) до 20 мкмоль имитировали состояние АТФ-азной активности митохондрий.

Отклик Мх на неблагоприятный фактор *in vivo* оценивался по совокупности кинетических (V) и расчетных параметров: $V_{\text{як}}$ и $V_{\text{глу+мал}}$ — скорости окисления экзогенного сукцината и смеси глутамата и малата в состоянии «покоя», $V_{\text{як-р}}$ и $V_{\text{глу+мал-р}}$ — скорости окисления субстратов в «активном» состоянии Мх в условиях АТФ-азной нагрузки, моделируемой с помощью разобщителя 2,4-ДНФ. Регуляторные параметры количественно характеризовали переход Мх в разные состояния (от эндогенного в состояние «покоя», от «покоя» в «активное» состояние).

Рассчитаны коэффициенты стимуляции (КС):

$$КС_{\text{як}} = V_{\text{як}} / V_{\text{э}}; \quad КС_{\text{глу+мал}} = V_{\text{глу+мал}} / V_{\text{э}};$$

$$КР_{\text{як}} = V_{\text{як-р}} / V_{\text{як}};$$

$$КР_{\text{глу+мал}} = V_{\text{глу+мал-р}} / V_{\text{глу+мал}}$$

где: КС — стимуляция эндогенного дыхания экзогенным субстратом, $V_{\text{як}}$ и $V_{\text{глу+мал}}$ — скорость дыхания Мх после добавления экзогенного субстрата (янтарной кислоты или Г_{глу+Мал}); КР — стимуляция субстратного дыхания 2,4-ДНФ, $V_{\text{як-р}}$ — скорость окисления экзогенной янтарной кислоты после добавления 2,4-ДНФ; $V_{\text{глу+мал-р}}$ — скорость окисления экзогенных глутамата и малата после добавления 2,4-ДНФ. Коэффициенты КС и КР выражались в условных единицах.

Концентрация белка в гомогенате ткани почки измерялась модифицированным микробиуретовым экспресс-методом по J. Goa [15], который обладает высокой чувствительностью и не зависит от аминокислотного состава белка и характеризуется линейной связью между концентрацией белка и интенсивностью окраски проб в широком диапазоне концентраций.

Повреждающее действие общей вибрации на почки подтверждалось гистологически. Статистическая обработка данных проведена с помощью программ Statistica for Windows 6.0. Значимость межгрупповых различий оценивалась по параметрическому (t-критерий Стьюдента) или непараметрическому (U-тест Вилкоксона-Манна-Уитни) критериям в зависимости от типа распределения.

Результаты и их обсуждение. Известно, что скорость эндогенного дыхания гомогената ткани представляет собой интегративный параметр, свидетельствующий об оснащении дыхательной цепи клетки эндогенными метаболитами, накопленными в процессе функционирования [12] и откликается на воздействие внешних факторов, направленных на целостный организм. В данном исследовании динамика показателя эндогенного дыхания зависела от режимов (частоты и длительности) вибрационного воздействия (таблица).

Эндогенное дыхание ткани обеспечивается преимущественно потоком электронов через наиболее продуктивные NAD-зависимый и FAD-зависимый фермент-субстратные комплексы, вклад которых в активность митохондрий оценивается посредством ингибиторного анализа [12,14,16]. Ингибиторный анализ показал, что на фоне вибрации 8 Гц прирост малонатчувствительности составил 20% через 7 сеансов вибрации, а затем плавно снизился к показателю интактного контроля. Высокочастотная вибрация в те же сроки вызвала подъем малонатчувствительности на 40% ($p < 0,05$) с последующим ее уменьшением ниже уровня контроля, свидетельствуя о начале угнетения сукцинатзависимой биоэнергетики.

Субстратное дыхание $V_{\text{глу+мал}}$ и $V_{\text{як}}$ отражает способность соответствующего звена дыхательной цепи окислять

определенный энергетический субстрат (NAD- или FAD-зависимый) и использовать его в качестве донора протонов и электронов для синтеза АТФ. Окисление экзогенных NAD-зависимых субстратов угнетается не зависимо от частоты вибрации, тогда как скорость окисления экзогенной янтарной кислоты возрастает на 45% ($p < 0,05$) после 21 сеанса вибрации 44 Гц, снижаясь к завершению 56 сеансов вибрации с частотой 44 Гц.

Таблица / Table

Параметры эндогенного дыхания митохондрий почки кролика на фоне общей вертикальной вибрации с частотой 8 и 44 Гц

Parameters of endogenous respiration of rabbit kidney mitochondria against the background of a General vertical vibration with a frequency of 8 and 44 Hz

Фактор вибрации		n	Скорость эндогенного дыхания нативных митохондрий почки ($V_{\text{э}}$)
Частота, Гц	Число сеансов вибрации		
0	0	20	8,13±1,4
8	7	10	7,0±1,1
8	21	8	6,2±0,8
8	56	10	14,1±1,8*
44	7	10	10,1±1,6
44	21	10	11,4±1,72*
44	56	10	8,8±1,1

Примечания: «0» — группа интактных животных; $V_{\text{э}}$ — скорость эндогенного дыхания в (нг-атом О) мин.⁻¹ мг⁻¹ белка; указаны средние значения показателей с их 95%-ными доверительными интервалами; * — статистически значимые различия между группами интактных и подвергнутых вибрации животных ($p < 0,05$).

Notes: “0” — group of intact animals; V- endogenous respiration rate in (ng-atom O) min⁻¹ mg⁻¹ protein; average values of indicators with their 95% confidence intervals are indicated; * — statistically significant differences between the groups of intact and subjected animals ($p < 0.05$).

В активном (разобленном) состоянии митохондрии почки также окисляли экзогенную янтарную кислоту более интенсивно, чем NAD-зависимые субстраты, о чем свидетельствуют разнонаправленные высокоамплитудные колебания показателя $V_{\text{як-р}}$ в диапазоне 50–60% относительно уровня контроля после 7, 21 и 56 сеансов вибрационного воздействия.

Известно, что добавка экзогенного субстрата к тканевому препарату в состоянии эндогенного дыхания оказывает активизирующее воздействие, если дыхательная цепь работает в оптимальном режиме. Количественной мерой «энергизации» является коэффициент стимуляции дыхания ($КС_{\text{глу+мал}}$, $КС_{\text{як}}$). Подобно этому стимуляция субстратного дыхания разобщителем окислительного фосфорилирования протонофором 2,4-динитрофенолом (2,4-ДНФ) косвенно отражает уровень сопряженности окисления и фосфорилирования в дыхательной цепи и эффективность ее работы. Показатели стимуляции дыхания и его эффективности в системе окисления янтарной кислоты превосходили аналогичные показатели в системе окисления NAD-зависимого фермент-субстратного комплекса.

Анализ параметров, отражающих состояние дыхательной цепи митохондрий ткани почки, указывает на развитие низкоэнергетического сдвига на уровне NAD-зависимого звена дыхательной цепи, тогда как в зоне FAD-зависимого звена энергизация повышается (возрастает стимуляция дыхания и сопряженность окислительного фосфорилирования на экзогенной янтарной кислоте, чувствительность

эндогенного дыхания к малонату). Совокупность признаков свидетельствует о развитии I фазы биоэнергетической гипоксии [17], аналогично тому, что было доказано для других органов (сердце, печень) кролика, подвергнутых аналогичным режимам вибрационного воздействия [18].

Архитектоника ткани коркового слоя почки у интактных животных соответствовала типичной гистологической картине [3]. В условиях низкочастотной (8 Гц) пролонгированной вибрации изменения морфогистологической характеристики почек были незначительны и укладывались в диапазон визуально фиксируемой стандартной гетерогенности структур, присущей почкам интактных животных.

Суммация неблагоприятных эффектов пролонгированной высокочастотной (44 Гц) общей вибрации от 7 до 56 сеансов подтверждалась изменениями морфогистологической характеристики коркового слоя почки, который является наиболее активным потребителем энергетических ресурсов. Со стороны клубочкового аппарата развивалась гломеруллопатия экссудативного интра- и экстракапиллярного типа. Увеличение степени полнокровия капилляров клубочков сочеталось с неравномерным оскудением их клеточного состава. Эпителий извитых канальцев набухал, их просвет сокращался, в нем появлялись хлопья и нити белка, нарастали явления интерстициального отека коркового слоя и появлялись кровоизлияния. Морфогистологические изменения, обусловленные увеличением частоты и длительности вибрации, подтвердили ее дизрегулирующий и повреждающий характер воздействия [19–25].

Заключение. Таким образом, на фоне воздействия вибрации в ткани почки экспериментальных животных происходит адаптивная перестройка биоэнергетических процессов, суть которой заключается в активизации FAD-зависимого звена дыхательной цепи, ответственного за окисление янтарной кислоты и сохранение синтеза АТФ на цитохромном участке дыхательной цепи. Существование сопряженности в работе дыхательной цепи и транскрипционной экспрессии индуцируемых гипоксией генов ведет к тому, что на фоне преобладания окисления янтарной кислоты запускается экспрессия генов-мишеней и синтез защитных адаптивных белков. Зависимые HIF-1 (Hypoxia Inducible Factor) гены-мишени, идентифицированного в сердце, печени, почке и других органах, способствуют доставке кислорода через механизмы усиления транспорта глюкозы, продукции АТФ, ионного транспорта, клеточной пролиферации, активизации эритропоэза и ангиогенеза. В совокупности вышеперечисленные механизмы создают новое стационарное состояние энергетического обмена в условиях стресса, что нашло подтверждение в данном исследовании применительно к биоэнергетике почки. Исходя из большей интенсивности и устойчивости к вибрации процессов утилизации янтарной кислоты, можно предположить, что в условиях воздействия вибрации для реализации всего комплекса адаптивных реакций и коррекции развивающихся повреждений необходимо фармакологическое поддержание сукцинатоксидазного окисления путем использования, например, субстратных антигипоксантов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Измеров Н.Ф., Бухтияров И.В., Прокопенко Л.В., Шиган Е.Е. Реализация глобального плана действий ВОЗ по охране здоровья работающих в Российской Федерации. *Мед. труда и пром. экол.* 2015; (9): 4–10.
2. Ando H., Noguchi R., Ishitake T. Frequency dependence of hand-arm vibration on palmar sweating response. *Scand. J. Work Environ. Health.* 2002; 28 (5): 324–27.
3. Рахимов Я.А., Сапин М.Р., Белкин В.Ш., Этинген Л.Е. Морфология внутренних органов при действии вибрации. Душанбе, Высшая школа; 1979.
4. Сааркопель Л.М., Кирьяков В.А., Ошкодеров О.А. Роль современных биомаркеров в диагностике вибрационной болезни. *Мед. труда и пром. экол.* 2017; (2): 6–10.
5. Saxton J.M. A review of current literature on physiological tests and soft tissue biomarkers applicable to work-related upper limb disorders. *Occup. Med.* 2000; 50 (2): 121–30.
6. Зуева М.А., Шпагина Л.А., Герасименко О.Н., Зюбина Л.Ю. Михно И.П. Гемодинамические и микроциркуляторные механизмы формирования поражения печени при вибрационной болезни. *Мед. труда и пром. экол.* 2010; (8): 14–9.
7. Сухаревская Т.М., Ефремов А.В., Непомнящих Г.И., Лосева М.И. и др. *Микроангио- и висцеропатии при вибрационной болезни.* Новосибирск; 2000.
8. Смирнова Е.Л., Потеряева Е.Л., Никифорова Н.Г. Индивидуальные особенности перекисного окисления липидов и антиоксидантной защиты у лиц с вибрационной болезнью в после-контактном периоде. *Мед. труда и пром. экол.* 2010; (8): 36–40.
9. Корзенева Е.В., Синева Е.Л. Заболевания сердечно-сосудистой системы у рабочих ведущих профессий горнорудной и машиностроительной промышленности. *Мед. труда и пром. экол.* 2007; (10): 27–31.
10. Гарипова Р.В., Стрижаков А.А., Архипов Е.В. Профессиональные поражения почек от воздействия физических и биологических факторов. *Мед. труда и пром. экол.* 2019; 1: 38–44.
11. Захарченко М.В., Хундерякова Н.В., Кондрашова М.Н. Важность сохранения биофизической организации выделенных митохондрий для выявления физиологической регуляции их функции. *Биофизика.* 2011; 56 (5): 840–47.
12. Кондрашова М.Н. *Аппаратура и порядок работы при полярнографическом измерении дыхания митохондрий.* Руководство по изучению биологического окисления полярнографическим методом. Под ред. М.Н. Кондрашовой. М.: Наука; 1973.
13. Воробьева В.В., Шабанов П.Д. Вибрационная модель гипоксического типа клеточного метаболизма, оцененная на кардиомиоцитах кролика. *Бюллетень экспериментальной биологии и медицины.* 2009; 147 (6): 712–5.
14. Никольс Д. *Биоэнергетика. Введение в хемиосмотическую теорию.* Мир; М.; 1985.
15. Goa J. A micro biuret method for protein determination. Determination of total protein in cerebrospinal fluid. *Scand. J. Clin. Lab. Invest.* 1953; 5: 218–22.
16. Маевский Е.И., Гришина Е.В., Розенфельд А.С., Зякун А.М. Анаэробное образование сукцината и облегчение его окисления — возможные механизмы адаптации клетки к кислородному голоданию. *Биофизика.* 2000; 45 (3): 509–13.
17. Лукьянова Л.Д. Проблемы гипоксии: молекулярные, физиологические и медицинские аспекты. М.: Медицина; 2004.
18. Воробьева В.В., Шабанов П.Д. Воздействие общей вибрации нарушает функциональную активность системы энергопродукции миокарда кролика. *Биофизика.* 2019; 64 (2): 337–42. DOI: 10.1134/S000630919020210.
19. Воробьева В.В., Шабанов П.Д. Морфофункциональные изменения миокарда кролика при воздействии общей вибрации и после фармакологической защиты янтарной кислотой. *Вестник СПбГУ, сер. 11.* 2010; (3): 201–07.
20. Matoba T. Pathophysiology and clinical picture of hand-arm vibration syndrome in Japanese workers. *Nagoya J. Med. Sci.* 1994; 57: 19–26.
21. Griffin M.J., Bovenzi M. Dose-response patterns for vibration-induced white finger. *Occup. Environ. Med.* 2003; 60 (1): 16–26.

22. Григорьев А.И., Тоневский А.Г. Молекулярные механизмы адаптации к стрессу: гены раннего ответа. *Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова*. 2009; 95 (10) : 1041–57.
23. Stroka D.M., Burkhardt T., Desballerts I. HIF — 1 is expressed in normoxia tissue and displays an organ — specific regulation under systemic hypoxia. *FASEB J*. 2001; 15: 2445–53.
24. Semenza G.L. Expression of hypoxia-inducible factor 1: mechanisms and consequences. *Bioch. Pharmacol*. 2000; (59): 47–53.
25. Воробьева В.В., Шабанов П.Д. Защитные свойства реамберина при остром сочетанном действии холода, вибрации и иммобилизации в эксперименте. *Мед. труда и пром. экол*. 2018; (4): 47–50.
11. Zaharchenko M.V., Hunderyakova N.V., Kondrashova M.N. The importance of preserving the biophysical organization of the isolated mitochondria to identify the physiological regulation of their function. *Biofizika*. 2011; 56 (5): 840–47 (in Russian).
12. Kondrashova M.N. *Instrumentation and procedure for polarographic measurement of mitochondrial respiration. Guide to the study of biological oxidation by the polarographic method*. Ed. M.N. Kondrashova. M.: Nauka; 1973 (in Russian).
13. Vorob'eva V.V., Shabanov P.D. A vibrational model of the hypoxic type of cell metabolism evaluated on rabbit cardiomyocytes. *Byulleten' eksperimental'noj biologii i mediciny*. 2009; 147 (6): 712–5 (in Russian).
14. Nikol's D. *Bioenergy. Introduction to chemosmotic theory*. Mir; Moskva; 1985 (in Russian).
15. Goa J. A micro biuret method for protein determination. Determination of total protein in cerebrospinal fluid. *Scand. J. Clin. Lab. Invest*. 1953; 5: 218–22.
16. Maevskij E.I., Grishina E.V., Rozenfel'd A.S., Zyakun A.M. Anaerobic formation of succinate and facilitation of its oxidation are possible mechanisms of cell adaptation to oxygen starvation. *Biofizika*. 2000; 45 (3): 509–13 (in Russian).
17. Luk'yanova L.D. *Problems of hypoxia: molecular, physiological and medical aspects*. M.: Meditsina; 2004 (in Russian).
18. Vorob'eva V.V., Shabanov P.D. Morphofunctional changes in the rabbit myocardium when exposed to general vibration and after pharmacological protection with succinic acid. *Biofizika*. 2019; 64 (2): 337–42. DOI: 10.1134/S000630919020210 (in Russian).
19. Vorob'eva V.V., Shabanov P.D. Morphofunctional changes in the rabbit myocardium when exposed to general vibration and after pharmacological protection with succinic acid. *Vestnik SPbGU*. 2010; (3): 201–7 (in Russian).
20. Matoba T. Pathophysiology and clinical picture of hand-arm vibration syndrome in Japanese workers. *Nagoya J. Med. Sci*. 1994; 57: 19–26.
21. Griffin M.J., Bovenzi M. Dose-response patterns for vibration-induced white finger. *Occup. Environ. Med*. 2003; 60 (1): 16–26.
22. Grigor'ev A.I., Tonevickij A.G. Molecular mechanisms of stress adaptation: early response genes. *Rossiiskij fiziologicheskij zhurnal im. I.M. Sechenova*. 2009; 95 (10): 1041–57 (in Russian).
23. Stroka D.M., Burkhardt T., Desballerts I. HIF — 1 is expressed in normoxia tissue and displays an organ — specific regulation under systemic hypoxia. *FASEB J*. 2001; 15: 2445–53.
24. Semenza G.L. Expression of hypoxia-inducible factor 1: mechanisms and consequences. *Bioch. Pharmacol*. 2000; (59): 47–53.
25. Vorob'eva V.V., Shabanov P.D. The protective properties of reamberin in the acute combined action of cold, vibration and immobilization in the experiment. *Мед. труда и пром. экол*. 2018; (4): 47–50 (in Russian).

REFERENCES

1. Izmerov N.F., Buhtiyarov I.V., Prokopenko L.V., Shigan E.E. Implementation of the WHO global action plan for the health of workers in the Russian Federation. *Мед. труда и пром. экол*. 2015; 9: 4–10 (in Russian).
2. Ando H., Noguchi R., Ishitake T. Frequency dependence of hand-arm vibration on palmar sweating response. *Scand. J. Work Environ. Health*. 2002; 28 (5): 324–7.
3. Rahimov Ya.A., Sapin M.R., Belkin V.Sh., Etingen L.E. *Morphology of internal organs under the action of vibration*. Dushanbe, Vysshaya shkola; 1979 (in Russian).
4. Saarkoppel' L.M., Kir'yakov V.A., Oshkoderov O.A. The role of modern biomarkers in the diagnosis of vibrational disease. *Мед. труда и пром. экол*. 2017; 2: 6–10 (in Russian).
5. Saxton J.M. A review of current literature on physiological tests and soft tissue biomarkers applicable to work-related upper limb disorders. *Occup. Med*. 2000; 50 (2): 121–30.
6. Zueva M.A., Shpagina L.A., Gerasimenko O.N., Zyubina L.Yu. Mihno I.P. Hemodynamic and microcirculatory mechanisms of the formation of liver damage in vibratory disease. *Мед. труда и пром. экол*. 2010; 8: 14–9 (in Russian).
7. Suharevskaya T.M., Efremov A.V., Nepomnyashchih G.I., Loseva M.I. et al. *Microangiopathy and visceropathy with vibrational disease*. Novosibirsk; 2000 (in Russian).
8. Smirnova E.L., Poteryaeva E.L., Nikiforova N.G. Individual characteristics of lipid peroxidation and antioxidant protection in individuals with vibrational disease in the post-exposure period. *Мед. труда и пром. экол*. 2010; 8: 36–40 (in Russian).
9. Korzeneva E.V., Sineva E.L. Diseases of the cardiovascular system in workers of leading professions in the mining and engineering industries. *Мед. труда и пром. экол*. 2007; 10: 27–31 (in Russian).
10. Garipova R.V., Strizhakov A.A., Arhipov E.V. Occupational kidney damage from exposure to physical and biological factors. *Мед. труда и пром. экол*. 2019; 1: 38–44 (in Russian).

ЮБИЛЕИ

РАКИТСКИЙ ВАЛЕРИЙ НИКОЛАЕВИЧ

(к 70-летию со дня рождения)

15 мая 2020 г. исполнилось 70 лет со дня рождения заместителя директора по научной работе ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора академика РАН, доктора медицинских наук, профессора Валерия Николаевича Ракитского.

После окончания с отличием в 1973 г. Киевского медицинского института им. А.А. Богомольца В.Н. Ракитский работал во Всесоюзном НИИ гигиены и токсикологии пестицидов, полимеров и пластических масс Минздрава СССР, пройдя путь от аспиранта до руководителя лаборатории и отдела. В 1993 г. по приглашению Минздрава РФ переведен на должность руководителя лаборатории и отдела в ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана.

В 1978 г. защитил кандидатскую (ЦОЛИУВ, Москва), в 1989 г. докторскую (ВМА им. С.М. Кирова, Ленинград) диссертации. В 1995 г. В.Н. Ракитскому было присвоено ученое звание профессора по специальности «Гигиена», в 1997 г. он избран членом-корреспондентом Российской Академии медицинских наук по специальности «Санитарная токсикология», а в 2004 г. — академиком РАМН по специальности «Гигиена». В 2002 г. Валерию Николаевичу присвоено почетное звание Заслуженный деятель науки РФ.

С 2000 г. — директор НИИ гигиены, токсикологии пестицидов и химической безопасности в составе ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана». С 2013 по февраль 2020 г. исполнял обязанности директора ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана, в настоящее время является заместителем директора по научной работе.

В.Н. Ракитским научно обоснована концепция оценки потенциальной и реальной опасности (риска) ксенобиотиков для человека, разработан и внедрен в практику ряд научных положений в области профилактической медицины, методов ранней диагностики и предотвращения развития заболеваемости населения.

В.Н. Ракитский внес большой вклад в теорию гигиенического нормирования ксенобиотиков, включая гармонизацию гигиенических нормативов с международными стандартами с сохранением отечественных приоритетов (принцип комплексного гигиенического нормирования). Он принимал непосредственное участие в разработке изменений и дополнений в Федеральные законы №109-ФЗ «О безопасном обращении с пестицидами и агрохимикатами» и №52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения». Под его руководством и при непосредственном участии подготовлено и внедрено более 40 нормативных и научно-методических документов, имеющих важное государственное и научно-практическое значение для сохранения здоровья населения, в том числе детей и подростков (СанПин 1.2.2584–10 «Гигиенические требования к безопасности процессов испытания, хранения, реализации, применения, обезвреживания и утилизации пестицидов и агрохимикатов», ГН 1.2.3111–13 «Гигиенические нормативы содержания пестицидов в объектах окружающей среды (перечень)» и др.). Возглавляет работу ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана по реализации Национальной программы по внедрению принципов надлежащей



лабораторной практики (НАП), утвержденной Правительством РФ (№2603-р от 28.12.2012), является отраслевым инспектором в области НАП в системе Росаккредитации.

В.Н. Ракитским опубликовано более 500 научных трудов из них — 13 книг, 4 учебников (2 за рубежом), 10 изобретений и патентов, более 70 методических и нормативных документов, более 10 монографий.

Под научным руководством и при консультировании В.Н. Ракитского защищено 12 докторских и 31 кандидатская диссертация.

В.Н. Ракитский осуществляет большую организаторскую и общественную деятельность. Он является заместителем академика-секретаря

секции РАН, членом бюро Отделения профилактической медицины и Отделения защиты растений РАН, председателем правления Всероссийской общественной организации токсикологов, членом правления Общества гигиенистов и санитарных врачей, председателем Проблемной комиссии РАН по профилактической токсикологии, заместителем председателя Комиссии по государственному санитарно-эпидемиологическому нормированию при Федеральной службе по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, председателем Диссертационного совета ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана», членом рабочей группы «Санитарные меры» при Евразийской экономической комиссии, заместителем председателя Комиссии по проблемам гигиены и токсикологии пестицидов и агрохимикатов Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, членом Межведомственного научного Совета РАН и Всероссийской службы медицины катастроф, членом Межведомственной комиссии по вопросам безопасного обращения с пестицидами и агрохимикатами при Министерстве сельского хозяйства Российской Федерации, заместителем главного редактора журнала «Здравоохранение Российской Федерации», членом редколлегии журналов «Токсикологический вестник», «Гигиена и санитария», «Анализ риска здоровью» и «Защита растений».

В.Н. Ракитский награжден медалью «В память 1500-летия Киева» (1983), нагрудным знаком «Отличник здравоохранения» (1984), почетными грамотами и благодарностями Министерства здравоохранения Российской Федерации (1997, 2000), орденом Дружбы (2010), Дипломом премии РАМН им. Ф.Ф. Эрисмана по гигиене (2013).

Академик Российской Академии наук Валерий Николаевич Ракитский — крупный ученый, один из ведущих специалистов в области гигиены, профилактической токсикологии не только в нашей стране, но и в мире.

Валерия Николаевича Ракитского отличает глубокая теоретическая подготовка, широкие практические знания, эрудиция, принципиальность, активная гражданская позиция, большие организаторские способности, он пользуется заслуженным уважением коллег, учеников и широкой медицинской общественности России и многих зарубежных стран.

Коллектив ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана», редколлегия журнала «Медицина труда и промышленная экология» поздравляют Валерия Николаевича с юбилеем и желают крепкого здоровья и благополучия!

ИРИНА ВАСИЛЬЕВНА ЯЦЫНА

(к 55-летию со дня рождения)

5 мая исполнилось 55 лет со дня рождения и 32 года врачебной, научной, организаторской и общественной деятельности Ирины Васильевны Яцыны — Заслуженного врача РФ, доктора медицинских наук, профессора.

Ирина Васильевна Яцына потомственный врач. Родилась она в 1965 году в г. Щелково Московской области.

В 1988 году после окончания средней школы с «золотой медалью» и аттестатом с отличием И.В. Яцына поступила на лечебный факультет 2-го Московского ордена Ленина Государственного Медицинского института им. Н.И. Пирогова. В период обучения в медицинском институте Ирина Васильевна проявляла интерес к научной работе, активно занималась в научном студенческом кружке по дерматовенерологии, неоднократно выступала на научных конференциях студентов и молодых ученых.

В период обучения в Медицинском институте Ирина Васильевна активно занималась общественной работой. И сейчас с благодарностью вспоминая студенческую жизнь, Ирина Васильевна считает, что общественная работа стала «школой жизни» для нее, помогла сформировать активную жизненную позицию, научила общаться с людьми.

После окончания института в 1988 году Ирина Васильевна приступает к работе в Федеральном научном центре гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана Роспотребнадзора. Закончила в этом учреждении аспирантуру под руководством известных профессоров — дерматолога-профпатолога Бориса Александровича Сомова и Людмилы Алексеевны Ивановой.

После защиты кандидатской диссертации Ирина Васильевна Яцына работала врачом, а затем научным сотрудником под руководством кандидата медицинских наук Р.И. Малыгиной. Именно тогда у Ирины Васильевны возник интерес к изучению формирования механизмов воздействия неблагоприятных факторов производственной среды на кожные покровы работающих во вредных условиях труда. На основании полученных данных в 1995 г. Яцына И.В. защищает кандидатскую диссертацию «Ранняя диагностика и профилактика заболеваний кожи у рабочих абсолюцентного производства». После ее защиты Ирине Васильевне было присвоено звание старшего научного сотрудника.

Ирина Васильевна с благодарностью и уважением вспоминает своих учителей: профессора Марию Дмитриевну Багнову, профессора Бориса Владимировича Устюшина, профессора Раису Васильевну Борисенкову.

В последующие годы основным научным направлением Ирины Васильевны являлась разработка гигиенических и лечебно-оздоровительных рекомендаций, направленных на улучшение качества среды обитания и снижение показателей заболеваемости болезнями кожи с целью обеспечения гигиенической безопасности и охраны здоровья населения. И.В. Яцыной разработан комплекс гигиенических и лечебно-оздоровительных рекомендаций, направленных на улучшение качества среды обитания и снижение показателей заболеваемости болезнями кожи и подкожной клетчатки с целью обеспечения гигиенической безопасности и охраны здоровья населения в целом. И.В. Яцына проводит углубленные исследования по выявлению осо-



бенностей формирования, клинического течения профессиональных и общих заболеваний кожи, формирующихся под влиянием факторов производственной и окружающей среды, а также выявляет взаимосвязи между факторами среды и уровнями дерматологической заболеваемости по отдельным нозологическим формам и показателями антропотехногенной нагрузки.

И.В. Яцына разрабатывает эффективные способы лечения и профилактики заболеваний кожи, направленные на улучшение состояния здоровья пациентов. При ее непосредственном участии в 2003 году в работу отделения внедрена методика озонотерапии, которая позволила получить положительный лечебный эффект у 87,4% больных с различными заболеваниями кожи. Проводимые исследования отличаются со-

временным методическим уровнем, глубокими теоретическими разработками, позволяющим раскрыть этиопатогенетические механизмы развития заболеваний кожи и подкожной клетчатки.

Дальнейшее становление и развитие Ирины Васильевны проходило при активном участии выдающегося ученого-гигиениста, академика РАМН Анатолия Ивановича Потапова. В 2000 году И.В. Яцына защитила докторскую диссертацию «Совершенствование методов ранней диагностики, гигиенического прогнозирования и системы профилактики профессиональных аллергических дерматозов химической этиологии». В этом же году Яцына И.В. назначена руководителем дерматологического отделения.

В рамках проблемы гигиенической безопасности ряда регионов РФ, при научном консультировании и под руководством И.В. Яцыны успешно защищены 2 докторских и 14 кандидатских диссертаций.

В 2003 году Ирине Васильевне присвоено звание профессора, в этом же году она становится членом Диссертационного Совета ФБУН ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана, с 2013 года — директор Института общей и профессиональной патологии; с 2015 года заместитель директора по научной работе ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора.

С 2013 г. является членом комитета по индустрии здоровья Российского Союза Промышленников и Предпринимателей. Удостоена звания «Заслуженный врач Российской Федерации»; имеет нагрудный знак «Почетный работник Роспотребнадзора» и «Отличнику Здравоохранения».

Результаты научных исследований отражены более чем 200 публикациях, в том числе 3 монографиях в соавторстве, а также в 2 изобретениях, ряде методических рекомендаций и пособий для врачей.

Интенсивную практическую деятельность Яцына И.В. сочетает с общественной работой. В 2014–2015 гг. была избрана Депутатом Совета депутатов городского поселения Мытищи. Ирина Васильевна также является членом Ассоциации врачей и специалистов медицины труда и Международной Комиссии по медицине труда (ИСОМ).

Поздравляем Ирину Васильевну со знаменательной датой и желаем ей дальнейших творческих успехов и научных побед в ее многогранной и плодотворной деятельности, свершения творческих замыслов, стойкости, оптимизма, боевого духа в столь непростое время для российского здравоохранения.

Коллектив Института общей и профессиональной патологии ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, Ассоциация врачей и специалистов медицины труда, коллектив ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова» и редколлегия журнала «Медицина труда и промышленная экология»