УЧРЕДИТЕЛЬ
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова» (ФГБНУ «НИИ МТ»)
при поддержке
Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор)

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

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

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

Подписной индекс по каталогу «Роспечать»:
71430 — для индивидуальных подписчиков;
71431 — для предприятий и организаций.
Подписка на электронную версию журнала через:
www.elibrary.ru

Подписано в печать 24.07.2019.
Формат издания 60x84 1/8.
Объем 8 п.л. Печать офсетная.

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

МЕДИЦИНА ТРУДА И ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

ISSN 1026-9428 (print)
ISSN 2618-8945 (online)

59 (7), 2019

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
Основан в 1957 г.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор
БУХТИЯРОВ И.В. д.м.н., проф., член-корр. РАН, НИИ МТ, Москва

Заместитель главного редактора
ПРОКОПЕНКО Л.В. д.м.н., проф., НИИ МТ, Москва

Ответственный секретарь журнала
КИРЬЯКОВ В.А. д.м.н., проф., ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана, г. Мытищи, Московская обл.

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ
АТЬКОВ О.Ю. д.м.н., проф., член-корр. РАН, РМАНПО, Москва
БЕЛЯЕВ Е.Н. д.м.н., проф., член-корр. РАН, ФЦГиЭ, Москва
БОНИТЕНКО Е.Ю. д.м.н., проф., НИИ МТ, Москва
БУШМАНОВ А.Ю. д.м.н., проф., ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна, Москва
БЫКОВ И.Ю. д.м.н., проф., член-корр. РАН, НИИ МТ, Москва
ГОЛОВКОВА Н.П. д.м.н., НИИ МТ, Москва
ИЗМЕРОВА Н.И. д.м.н., проф., НИИ МТ, Москва
КАПЦОВ В.А. д.м.н., проф., член-корр. РАН, ВНИИЖГ, Москва
КОЛОСИО К. к.м.н., доцент, МЦ ПЗХГШ госпиталей С.С. Пауло и Карло, Милан, Италия
КОСЯЧЕНКО Г.Е. д.м.н., доцент, НПЦГ, Минск
КУЗЬМИНА Л.П. д-р биол. наук, проф., НИИ МТ, 1-й МГМУ им. Сеченова, Москва
НИУ Ш. д-р, Женева, МОТ, Швейцария
ПАЛЬЦЕВ Ю.П. д.м.н., проф., НИИ МТ, Москва
ПАУНОВИЧ Е. д-р, Белград, независимый эксперт, Сербия
ПОПОВА А.Ю. д.м.н., проф., Роспотребнадзор, Москва
ПОТЕРЯЕВА Е.Л. д.м.н., проф., академик РАЕН, НГМУ, Новосибирск
РЫЖОВ А.Я. д-р биол. наук, проф., ТвГУ, Тверь
СИДОРОВ К.К. д.м.н., Роспотребнадзор, Москва
СТРИЖАКОВ Л.А. д.м.н., 1-й МГМУ им. И.М. Сеченова, Москва
ТИХОНОВА Г.И. д.биол.н., НИИ МТ, Москва
УШАКОВ И.Б. д.м.н., проф., академик РАН, ФМБЦ им. А.И. Бурназяна, Москва
ФИЛИМОНОВ С.Н. д.м.н., проф., НИИ КПГ ПЗ, Новокузнецк
ЭГЛИТЕ М.Э. д.м.н., хабилитированный д-р, мед., проф.,Рижский университет им. Страдыня, Рига, Латвия
ЭФЕНДИЕВ И.Н. доцент, АМУ, Баку, Азербайджан

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 Supevision of Communications, Information Technology and Mass Media. Registration certificate No.ФС77–74608, 29 December, 2018.

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

Editorial office address:
editorial board of the journal «Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology»,
room 274, 31, Prospect Budennogo,
Moscown Federation, 105275, FSBSI IRIOH
Tel. +7 (495) 366-11-10.
E-mail: zurniimtpe@yandex.ru
http:/journal-irioh.ru

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

Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology

Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya

ISSN 1026-9428 (print)
ISSN 2618-8945 (online)

59 (7), 2019

MONTHLY SCIENTIFIC AND PRACTICAL JOURNAL
founded in 1957

EDITORIAL BOARD

Editor-in-chief

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

Deputy Editor-in-chief

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

Executive secretary of journal

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

MEMBERS OF EDITORIAL BOARD

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

Шпагин И.С., Котова О.С., Камнева Н.В., Кузнецова Г.В., Логвиненко К.В., Лисова Е.С. Профессиональная хроническая обструктивная болезнь легких в сочетании с сердечной недостаточностью — клинико-функциональные особенности 388

Андрущенко Т.А., Гончаров С.В., Досенко В.Е., Ищейкин К.Е. Молекулярно-генетический анализ полиморфизма генов репарации двунитевых разрывов ДНК и репарации «несоответствий» ДНК у работников вредных и опасных отраслей промышленности 395

Новикова Т.А., Данилов А.Н., Спирин В.Ф. Влияние эргономических факторов на формирование профессионального риска нарушений здоровья механизаторов сельского хозяйства 400

Мещакова Н.М., Меринов А.В., Шаяхметов С.Ф., Лисецкая Л.Г. Оценка экспозиционных нагрузок химическими веществами у работников основных профессий алюминиевого производства Восточной Сибири 406

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Орлов И.А., Алисейчик А.П., Меркулова А.Г., Комарова С.В., Белая О.В., Грибков Д.А., Подопросветов А.В., Павловский В.Е., Ефимов А.Р., Бетц К.В. Актуальность использования промышленных экзоскелетов для снижения количества профессиональных заболеваний опорно-двигательного аппарата верхней части тела 412

ПРАКТИЧЕСКОМУ ЗДРАВООХРАНЕНИЮ

Корехова М.В., Новикова И.А., Соловьев А.Г. Профессиональный стресс в деятельности фельдшеров скорой медицинской помощи 417

Бухтияров И.В., Чеботарёв А.Г., Курьеров Н.Н., Сокур О.В. Актуальные вопросы улучшения условий труда и сохранения здоровья работников горнорудных предприятий 424

ДИСКУССИИ

Кудряшов В.В. Измерение массы пыли, вдыхаемой работниками в период трудового процесса 430

Бондарев О.И., Бугаева М.С., Казицкая А.С., Филимонов Е.С., Кан С.Л. Аспекты гистогенеза кониотического процесса у работников основных профессий угольной промышленности 433

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Абдикадирова Х.Р., Амреева К.Е., Калишев М.Г., Жаутикова С.Б. Оценка эффективности алиментарной коррекции патологических изменений в печеночной ткани при воздействии производственной медьсодержащей пыли в эксперименте 438

Ибраева Л.К., Рыбалкина Д.Х., Жанбасинова Н.М., Дробченко Е.А. Медико-социальные потери лет от заболеваний системы кровообращения в промышленных регионах Казахстана 444

ORIGINAL ARTICLES

Shpagin I.S., Kotova O.S., Kamneva N.V., Kuznetsova G.V., Logvinenko, K.V., Lisova E.S. Professional chronic obstructive pulmonary disease in combination with heart failure — clinical and functional features 388

Andrushchenko T.A., Goncharov S.V., Dosenko V.E., Ischeikin K.E. Molecular genetic analysis of the polymorphism of repair genes of double-strand breaks DNA strand breaks and repair «inconsistencies» DNA in workers of hazardous industries 395

Novikova T.A., Danilov A.N., Spirin V.F. The influence of ergonomic factors on the formation of occupational health risk of agricultural machine operators 400

Meshchakova N.M., Merinov A.V., Shayakhmetov S.F., Lisetskaya L.G. Assessment of exposure loads of chemicals in workers of the main professions of aluminum production in Eastern Siberia 406

REVIEW OF LITERATURE

Orlov I.A., Aliseychik A.P., Merkulova A.G., Komarova S.V., Belaya O.V., Gribkov D.A., Podoprosvetov A.V., Pavlovsky V.E., Efimov A.R., Betz K.V. The relevance of the use of industrial exoskeletons to reduce the number of occupational diseases of musculoskeletal system of the upper body 412

FOR THE PRACTICAL MEDICINE

Korehova M.V., Novikova I.A., Soloviev A.G. Professional stress in the activities of paramedics of emergency medical care 417

Bukhtiyarov I.V., Chebotarev A.G., Courierov N.N., Sokur O.V. Topical issues of improving working conditions and preserving the health of workers of mining enterprises 424

DISCUSSIONS

Kudryashov V.V. Measurement of dust mass inhaled by workers during the work process 430

Bondarev O.I., Bugaeva M.S., Kazitskaya A.S., Filimonov E.S., Kan S.L. Aspects of histogenesis of the coniotic process in workers of the main professions of the coal industry 433

BRIEF REPORTS

Abdikadirova H.R., Amreeva K.E., Kalishev M.G., Zhautikova S.B. Evaluation of the effectiveness of alimentary correction of pathological changes in hepatic tissue under the influence of industrial copper-containing dust in the experiment 438

Ibrayeva L.K., Rybalkina D.Kh., Zhanbasinova N.M., Drobchenko E.A. Medical and social losses from diseases of the circulatory system in industrial regions of Kazakhstan 444

© Медицина труда и промышленная экология, 2019

Оригинальная статья

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

DOI: http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-7-388-394

УДК 616.24–036.12–057:613.632.4/.633

© Коллектив авторов, 2019

Шпагин И.С.[1], Котова О.С.[1,2], Камнева Н.В.[1,2], Кузнецова Г.В.[1,2], Логвиненко К.В.[1], Лисова Е.С.[2]

Профессиональная хроническая обструктивная болезнь легких в сочетании с сердечной недостаточностью — клинико-функциональные особенности

[1]ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Красный пр-т, 52, Новосибирск, Россия, 630091;
[2]ГБУЗ НСО «Городская клиническая больница №2», ул. Ползунова 21, Новосибирск, Россия, 630051

Введение. Сердечная недостаточность увеличивает тяжесть симптомов и ухудшает прогноз хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ) у курящих. Профессиональная ХОБЛ — отдельный фенотип, что позволяет предположить отличия паттерна коморбидности. Профессиональная ХОБЛ в сочетании с сердечной недостаточностью изучена недостаточно.

Цель исследования — определить взаимосвязи сердечной недостаточности с клинико-функциональными и гигиеническими характеристиками профессиональной ХОБЛ.

Материалы и методы. В одноцентровое наблюдательное исследование включено 115 больных профессиональной хронической обструктивной болезнью легких (ПХОБЛ). Группа сравнения — 103 больных ХОБЛ, курильщиков табака. Диагноз ХОБЛ соответствовал критерию GOLD 2011–2019. Больные ПХОБЛ были экспонированы к ароматическим углеводородам с превышением ПДК в воздухе рабочей зоны в 1,5–6 раз или неорганической пыли в пределах 2–9,5 ПДК. Сердечная недостаточность диагностирована на основании любых признаков дисфункции миокарда при эхокардиографии и/или повышения N-концевого предшественника мозгового натрийуретического пептида (NT-proBNP) сыворотки более 125 пг/мл. Группы были сопоставимы по полу, возрасту, длительности ХОБЛ, длительности действия экзогенного этиологического фактора, причинам сердечной недостаточности. Оценены клинико-функциональные характеристики ХОБЛ и сердечной недостаточности. Для сравнения групп по количественным параметрам использован ковариационный анализ или тест Крускалла-Уоллиса, для сравнения долей — критерий χ^2. Взаимосвязи определялись методом логистической регрессии.

Результаты. У больных ПХОБЛ была выше частота сердечной недостаточности — 63 (54,8%) случаев в сравнении с 38 (36,9%) в группе ХОБЛ табакокурения (p=0,009). Преобладала бивентрикулярная недостаточность (44 (38,3%) больных) с сохраненной фракцией выброса (47 (40,9%) случаев). Правожелудочковая недостаточность выявлена у 15 (13,0%) исследуемых, левожелудочковая — у 4 (3,5%), p=0,002. Методом эхокардиографии в группе ПХОБЛ были выявлены тяжелая легочная гипертензия и диастолическая дисфункция миокарда. Для ПХОБЛ в сочетании с сердечной недостаточностью были характерны значения индекса CAT более 10 баллов, низкая толерантность к физической нагрузке, значительная скорость снижения ОФВ1, снижение парциального напряжения кислорода артериальной крови, тяжелые обострения ХОБЛ. В многофакторном анализе развитие сердечной недостаточности у больных ПХОБЛ прогнозировали: стаж работы, систолическое давление в легочной артерии, парциальное напряжение кислорода артериальной крови, дистанция теста шестиминутной ходьбы.

Выводы. *1. Профессиональная ХОБЛ отличается вероятностью развития сердечной недостаточности — 54,8%. Преобладает бивентрикулярная недостаточность с сохраненной фракцией выброса и преимущественным нарушением диастолической функции миокарда. 2. Субфенотип профессиональной ХОБЛ в сочетании с сердечной недостаточностью отличается выраженными симптомами, гипоксемией покоя, тяжелыми обострениями ХОБЛ.*

Ключевые слова: *профессиональная хроническая обструктивная болезнь легких; фенотип; коморбидность; сердечная недостаточность*

Для цитирования: Шпагин И.С., Котова О.С., Камнева Н.В., Кузнецова Г.В., Логвиненко К.В., Лисова Е.С. Профессиональная хроническая обструктивная болезнь легких в сочетании с сердечной недостаточностью — клинико-функциональные особенности. *Мед. труда и пром. экол.* 2019; 59 (7). http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-7-388-394

Для корреспонденции: *Котова Ольга Сергеевна*, доц. каф. госпитальной терапии и медицинской реабилитации ФГБОУ ВО «НГМУ» Минздрава России, врач терапевт ГБУЗ НСО «Городская клиническая больница №2», д-р мед. наук, доц. E-mail: ok526@yandex.ru; ORCID: https://orcid.org/0000–0003–0724–1539

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Ilya S. Shpagin[1], Olga S. Kotova[1,2], Natalya V. Kamneva[1,2], Galina V. Kuznetsova[1,2], Kristina V. Logvinenko[1], Evgeniya S. Lisova[2]

Professional chronic obstructive pulmonary disease in combination with heart failure — clinical and functional features

Original article

[1]Novosibirsk State Medical University, 52, Krasny Ave., Novosibirsk, Russia, 630091;
[2]City Clinical Hospital №2, 21, Polzunova str., Novosibirsk, Russia, 630051

Introduction. Heart failure increases the severity of symptoms and worsens the prognosis of chronic obstructive pulmonary disease (COPD) in smokers. Professional COPD is a separate phenotype, which suggests differences in the pattern of comorbidity. Professional COPD in combination with heart failure has not been studied enough.
The aim of the study was to determine the relationship of heart failure c clinical, functional and hygienic characteristics of professional COPD.
Materials and methods. The one-center observational study included 115 patients with occupational chronic obstructive pulmonary disease (OCOPD). The comparison group of 103 patients with COPD, smokers of tobacco. The diagnosis of COPD met the criterion of GOLD 2011–2019. OCOPD patients were exposed to aromatic hydrocarbons with an excess of MPC in the air of working zone is 1.5 to 6 times, or of inorganic dust in the range of 2 to 9.5 MPC. Heart failure was diagnosed on the basis of any signs of myocardial dysfunction in echocardiography and/or elevation of the N-terminal precursor of cerebral natriuretic peptide (NT-pro-BNP) serum more than 125 PG/ml. the Groups were comparable in sex, age, duration of COPD, duration of action of exogenous etiological factor, causes of heart failure. Clinical and functional characteristics of COPD and heart failure were evaluated. For comparisons between groups for quantitative parameters used covariance analysis or test Kruskall-Wallis for comparison, the share of $\chi 2$ criterion. Relationships were determined by logistic regression.
Results. In patients with OCOPD, the heart failure rate was higher — 63 (54.8%) cases compared to 38 (36.9%) in the group of COPD Smoking (p=0.009). Biventricular failure prevailed (44 (38.3%) patients) with preserved ejection fraction (47 (40.9%) cases). Right ventricular failure was detected in 15 (13.0%) of the subjects, left ventricular failure — in 4 (3.5%), p=0.002. Echocardiography revealed severe pulmonary hypertension and diastolic myocardial dysfunction in the OCOPD group. OCOPD in combination with heart failure was characterized by CAT index values of more than 10 points, low exercise tolerance, a significant rate of decline in FEV1, a decrease in the partial tension of arterial blood oxygen, severe exacerbations of COPD. In multivariate analysis of the development of heart failure in patients with OCOPD predicted: length of service, systolic pressure in the pulmonary artery, partial oxygen tension of arterial blood, the test distance of six-minute walk.
Conclusions. *1. OCOPD is characterized by a probability of heart failure — 54.8%. Biventricular failure with preserved ejection fraction and predominant violation of diastolic myocardial function prevails. 2. The subphenotype of OCOPD in combination with heart failure is characterized by severe symptoms, hypoxemia of rest, severe exacerbations of COPD.*
Key words: *occupational chronic obstructive pulmonary disease /OCOPD/; phenotype; comorbidity; heart failure*
For citation: Shpagin I.S., Kotova O.S., Kamneva N.V., Kuznetsova G.V., Logvinenko, K.V., Lisova E.S. Professional chronic obstructive pulmonary disease in combination with heart failure — clinical and functional features. *Med. truda i prom. ekol.* 2019; 59 (7). http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-7-388-394
For correspondence: *Olga S. Kotova,* Associate Professor of Hospital therapy and medical rehabilitation of Novosibirsk State Medical University, physician of City Clinical Hospital №2, Dr. of Sci. (Med.). E-mail: ok526@yandex.ru; ORCID: https://orcid.org/0000–0003–0724–1539
Funding. The study had no funding.
Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

Введение. Несмотря на несомненные успехи медицины труда последних лет в управлении рисками здоровью работающих, профессиональная и профессионально обусловленная патология вносит весомый вклад в заболеваемость и смертность населения трудоспособного возраста [1,2]. Одним из наиболее тяжелых заболеваний является профессиональная хроническая обструктивная болезнь легких (ПХОБЛ). Патогенетическая основа ПХОБЛ — это персистирующее воспаление в ответ на повреждающие частицы и газы производственной среды. Таким образом, этиологическим фактором ПХОБЛ может быть любой компонент промышленного аэрозоля [3]. Профессиональное заболевание составляет 10–15% всех случаев ХОБЛ [4], при том, что распространенность этой патологии в России составляет 15,3% всего населения и 21,8% лиц с респираторными симптомами [5]. Заболевание характеризуется неуклонно прогрессирующим течением с развитием необратимого ремоделирования бронхолегочной системы — бронхиолита, эмфиземы, легочной гипертензии, что приводит к инвалидизации больного и сокращению продолжительности жизни [3,6]. Известно, что коморбидные состояния определяют тяжесть течения ХОБЛ у многих больных [6]. Наиболее частым является сочетание ХОБЛ и сердечно-сосудистых заболеваний. Исследования ХОБЛ, этиологическим фактором которой было курение табака, показали, что бронхообструктивная патология независимо увеличивает риск хронической сердечной недостаточности в 2,2 раза [7]. ХОБЛ — предиктор неблагоприятного исхода сердечной недостаточности; с другой стороны, коморбидная сердечно-сосудистая патология ухудшает прогноз ХОБЛ [7,8]. Особенности воспаления и клинико-функциональных проявлений позволяют считать ПХОБЛ отдельным фенотипом [9–11]. При этом распространенность и особенности сердечной недостаточности у больных ПХОБЛ изучены недостаточно. Знание закономерностей формирования сочетанной патологии ПХОБЛ и сердечной недостаточности позволит оптимизировать диагностику и лечение на основе прецизионного подхода, что будет способствовать как увеличению продолжительности жизни, так и формированию трудового долголетия.

Цель исследования — определить взаимосвязи сердечной недостаточности с клинико-функциональными и гигиеническими характеристиками ПХОБЛ.

Материалы и методы. Проведено одноцентровое наблюдательное клиническое исследование. Включены 115 больных ПХОБЛ. Группу сравнения составили 103 больных ХОБЛ, курильщиков табака. Группы были стратифицированы на основании наличия или отсутствия сердечной недостаточности. Критерии включения: информированное согласие на участие в исследовании, мужчины и женщины в возрасте от 45 до 80 лет, диагноз ХОБЛ в соответствии с

критерием GOLD 2011–2019 — отношение постбронходилататорных объема форсированного выдоха за первую секунду (ОФВ1) к форсированной жизненной емкости легких (ФЖЕЛ) равное или меньшее 0,7 [6]. Критерии включения в основную группу — наличие документированной экспозиции промышленных аэрозолей с превышением ПДК, стаж работы на момент появления симптомов ХОБЛ не менее 5 лет; в контрольную — табакокурение не менее 5 лет, индекс пачка-лет не менее 10 и отсутствие профессиональных рисков здоровью. Критерии исключения — отсутствие информированного согласия больного, другие, кроме ХОБЛ, заболевания бронхолегочной системы, наличие сердечно-сосудистых заболеваний и сердечной недостаточности до начала работы в условиях воздействия промышленных аэрозолей и появления респираторных симптомов, инфекционный эндокардит и другие заболевания клапанного аппарата сердца, воспалительные заболевания миокарда, тиреотоксикоз, наличие противопоказаний к диагностическим процедурам, предусмотренным протоколом исследования.

Экспертиза связи ХОБЛ с профессией проведена в центре профпатологии г. Новосибирска (ГБУЗ НСО ГКБ 2). Сердечная недостаточность диагностирована на основании любых признаков дисфункции миокарда при эхокардиографии (ЭхоКГ) и/или повышения N-концевого предшественника мозгового натрийуретического пептида (NT-pro-BNP) сыворотки более 125 пг/мл [12].

Больные ПХОБЛ были экспонированы к углеводородам ароматического ряда, концентрация в воздухе рабочей зоны превышала ПДК в 1,5–6 раз или к неорганической пыли с превышением ПДК в 2–9,5 раза.

Демографические характеристики больных, стаж работы и курения, длительность заболевания представлены в табл. 1.

Всем больным были выполнены: оценка симптомов ХОБЛ и сердечной недостаточности, исследование частоты обострений ХОБЛ. Обострение ХОБЛ диагностировалось, согласно рекомендациям GOLD 2019 и Российского респираторного общества, при ухудшении симптомов, которое выходит за рамки ежедневных обычных колебаний и приводит к изменению применяемой терапии [6,13]. Тяжелые обострения определялись как требующие лечения в условиях круглосуточного стационара [6,13]. Частыми обострениями считались 2 и более любых или одно тяжелое обострение в течение года [6,13]. Тяжесть симптомов ХОБЛ оценивалась с использованием анкеты COPD assessment test (CAT).

Исследование функции внешнего дыхания включало спирографию с пробой с бронхолитиком (спирограф MicroLab CareFusion, США), бодиплетизмографию, определение диффузионной способности легких для монооксида углерода методом однократного вдоха с задержкой дыхания (DL_{CO}) (бодиплетизмограф Power Cube Body Германия). Для оценки толерантности к физической нагрузке выполняли тест шестиминутной ходьбы (ТШХ). Определялось парциальное напряжение кислорода (PaO_2), углекислого газа ($PaCO_2$), pH артериальной крови в утренние часы (07:00) до приема бронхолитиков, анализатор газов и электролитов крови автоматический OPTI (OPTI Medical Systems Inc., США). Пульсоксиметрия выполнялась аппаратом MD300 I (Бейджинг Чойс Електроник Технолоджи Ко., Лтд., КНР).

Структура и функция сердца исследована методом допплер-эхокардиографии с цветным картированием (ультразвуковой сканер Mindray DC-N3, Шэньчжэнь Майндрэй Био-Медикал Электроникс Ко, Лтд, КНР). Всем больным определен уровень NT-proBNP сыворотки методом твердофазного иммуноферментного анализа (8-канальный планшетный фотометр Expert Plus, ASYS HITECH, Австрия), стандартная длина волны измерения 450 нм наборами фирм-производителей.

Статистическая обработка данных проведена с использованием программного обеспечения SPSS 24. Применялись стандартные методы описательной статистики.

Для шкалированных переменных определялись средняя и ее стандартная ошибку ($M\pm m$) при нормальном распределении данных или медиана и межквартильный интервал. Соответствие данных нормальному распределению — метод Колмогорова-Смирнова. Для ординальных и номинальных переменных рассчитывались доли. Группы сравнивались при помощи ковариационного анализа при нормальном распределении данных или методом Крускалла-Уоллиса. В качестве ковариат учитывались пол, возраст, длительность ХОБЛ, длительность сердечной недостаточности, стаж работы или длительность табакокурения, ОФВ1. Для сравнения качественных переменных применялся критерий χ^2. Взаимосвязи определялись методом логистической регрессии, результат представлен в

Таблица 1 / Table 1

Характеристика больных
Characteristics of patients

Параметр	ПХОБЛ		ХОБЛ табакокурения		*p*
	С сердечной недостаточностью (*n*=63)	Без сердечной недостаточности (*n*=52)	С сердечной недостаточностью (*n*=38)	Без сердечной недостаточности (*n*=65)	*pp*
Возраст, лет	61 (57; 71)	59 (56; 69)	62 (56; 70)	59 (56; 68)	0,3
Мужчин, *n*,% Женщин, *n*,%	45 (71,4) 18 (28,6)	35 (67,3) 17 (32,7)	27 (71,1) 11 (28,9)	46 (70,8) 19 (29,2)	0,1 0,1
Стаж работы, лет	34 (28; 37,5)	29 (23; 29)	Не применимо	Не применимо	0,01
Длительность курения, лет	33 (26; 35)	32 (25; 36)	30 (27; 35)	31 (26; 37)	0,5
Доля курящих, *n*,%	20 (31,7)	18 (34)	100	100	0,01*
Длительность ХОБЛ, лет	11 (8; 13)	10 (8; 12)	9 (7; 12)	10 (7; 13)	0,6
Длительность сердечной недостаточности, лет	5 (3; 8)	Не применимо	4 (3; 7)	Не применимо	0,2

Примечание: * — различия достоверны между ПХОБЛ и ХОБЛ у курильщиков табака.
Note: * — differences are reliable between OCOPD and COPD in smokers of tobacco.

виде отношения шансов и 95% доверительного интервала. Критический уровень значимости p=0,05.

Результаты. У больных ПХОБЛ была выше частота сердечной недостаточности — у 63 (54,8%) человек в сравнении с 38 (36,9%) в группе ХОБЛ табакокурения, p=0,009 (табл. 2). Основными причинами сердечной недостаточности были: ИБС, постинфарктный кардиосклероз 9 (14,3%) больных основной группы и 5 (13,2%) — контрольной, другие формы ИБС у 13 (20,6%) и 7 (18,4%) больных соответственно, артериальная гипертензия у 37 (58,7%) и 24 (63,2%), кардиомиопатии у 4 (6,4%) и 2 (5,2%) больных, p>0,05.

В структуре сердечной недостаточности преобладала бивентрикулярная — у 44 (38,3%) больных. Правожелудочковая недостаточность выявлена у 15 (13,0%) исследуемых, левожелудочковая — у 4 (3,5%), χ^2=9,4, p=0,002. У больных ХОБЛ, курильщиков табака, с одинаковой частотой регистрировалась бивентрикулярная и правожелудочковая дисфункция миокарда — 19 (18,4%) и 16 (15,5%) случаев соответственно. Доля левожелудочковой недостаточности также была наименьшей и составила 3 (2,9%) случая, χ^2=5,6, p=0,03.

Частота сердечной недостаточности при ПХОБЛ была увеличена за счет случаев одновременного поражения двух желудочков, только право- или левожелудочковая недостаточность встречались с одинаковой частотой в обеих группах.

В группе ПХОБЛ в сравнении с ХОБЛ табакокурения была достоверно выше частота сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса и меньше — с низкой. По частоте случаев сердечной недостаточности с промежуточной фракцией выброса исследуемые группы не различались.

У больных ПХОБЛ и ХОБЛ табакокурения регистрировались эхокардиографические признаки нарушения диастолической функции миокарда, в большей степени выраженные при профессиональном заболевании (табл. 3).

Для этих больных было характерно повышение индекса миокардиальной функции правого желудочка (Tei), увеличение времени изоволюметрического расслабления желудочков (IVRT), увеличение отношения максимальных скоростей раннего диастолического наполнения и подъема основания левого желудочка в раннюю диастолу. Изменение параметров систолической функции сердца было наибольшим у больных ХОБЛ табакокурения и сердечной недостаточностью. В данной подгруппе наблюдалась наименьшая амплитуда систолического смещения плоскости трикуспидального кольца в сторону верхушки, наименьшая фракция выброса желудочков. Систоли-

Таблица 2 / Table 2

Частота и структура сердечной недостаточности при профессиональной ХОБЛ
Frequency and structure of heart failure in occupational COPD

Сердечная недостаточность	**ПХОБЛ (n=115)**	**ХОБЛ табакокурения (n=103)**	**ОШ**	**95% ДИ**	***p***
Всего случаев, *n*,%	63 (54,8)	38 (36,9)	2,1	1,2–3,6	0,009
Бивентрикулярная, *n*,%	44 (38,3)	19 (18,4)	2,7	1,5–5,1	0,002
Правожелудочковая, *n*,%	15 (13,0)	16 (15,5)	0,8	0,4–1,7	0,840
Левожелудочковая, *n* (%)	4 (3,5)	3 (2,9)	1,2	0,3–5,5	0,815
С сохраненной фракцией выброса, *n*,%	47 (40,9)	23 (22,3)	2,4	1,3–4,3	0,004
С промежуточной фракцией выброса, *n*,%	12 (10,4)	7 (6,8)	2,8	0,9–9,2	0,075
С низкой фракцией выброса, *n*,%	4 (3,5)	8 (7,8)	0,3	0,1–0,9	0,046

Таблица 3 / Table 3

Эхокардиографические маркеры функции миокарда
Echocardiographic markers of myocardial function

Параметр	**ПХОБЛ**		**ХОБЛ табакокурения**		***p***
	С сердечной недостаточностью (n=63)	**Без сердечной недостаточности (n=52)**	**С сердечной недостаточностью (n=38)**	**Без сердечной недостаточности (n=65)**	
Систолическая экскурсия фиброзного кольца трикуспидального клапана (TAPSE), мм	22,1±4,13	23,5±3,22	18,4±5,18	22,9±4,53	0,01[1,2]
Индекс миокардиальной функции (Tei),%	42,5±5,49	26,5±1,42	33,1±3,31	24,2±1,15	0,01[1,2,3]
Время изоволюметрического расслабления правого желудочка, (IVRT), мс	88,1±3,19	67,5±2,47	81,1±2,12	65,2±3,41	0,01[1,2,3]
Фракция выброса правого желудочка,%	70,3±4,92	72,1±3,79	55,3±5,74	71,5±4,20	0,01[1,2]
СДЛА, мм рт. ст.	38,4±4,22	29,5±5,28	22,6±6,41	18,2±5,12	0,01[1,2,3]
Фракция выброса левого желудочка,%	69,2±3,16	70,5±2,47	56,1±4,62	70,4±3,51	0,01[1,2]
E/e'	16,2±5,03	6,1±3,23	13,5±2,53	6,6±1,25	0,01[1,2,3]
Время изоволюметрического расслабления левого желудочка, (IVRT), мс	87,1±2,99	67,1±2,35	81,2±2,05	65,3±3,19	0,01[1,2,3]

Примечания: [1] — различия достоверны между подгруппами профессиональной и общей ХОБЛ с коморбидной сердечной недостаточностью, [2] — различия достоверны между подгруппами ХОБЛ табакокурения, [3] — различия достоверны между подгруппами профессиональной ХОБЛ.

Notes: [1] — differences are significant between subgroups of occupational and General COPD with comorbid heart failure, [2] — differences are significant between subgroups of COPD Smoking, [3] — differences are significant between subgroups of occupational COPD.

Таблица 4 / Table 4

Симптомы ХОБЛ и функция легких
COPD symptoms and lung function

Параметр	ПХОБЛ		ХОБЛ табакокурения		*p*
	С сердечной недостаточностью (*n*=63)	Без сердечной недостаточности (*n*=52)	С сердечной недостаточностью (*n*=38)	Без сердечной недостаточности (*n*=65)	
CAT, баллы	17±3,5	12±2,7	14±3,1	7±4,8	0,01[1,2,3]
Дистанция ТШХ, м	249±13,6	308±14,2	288±12,7	262±10,2	0,01[1,2,3]
ОФВ1,%	60±3,8	61±2,6	51±3,3	58±2,8	0,01[1,2]
Скорость снижения ОФВ1, мл в год	61±5,3	51±6,5	78±3,1	65±5,8	0,01[1,2,3]
ОФВ1/ФЖЕЛ,%	64±2,0	66±1,7	53±4,1	59±3,6	0,01[1,2]
ФОЕ,%	171±11,3	162±10,6	179±14,2	151±11,1	0,01[1,2,3]
ООЛ/ОЕЛ,%	59,8	57,1	64	56	0,01[1,2,3]
PaO_2, мм рт. ст.	68±3,1	81±2,5	83±2,7	89±4,0	0,01[1,2,3]
Частота всех обострений, на человека в год	1,4	1,3	2,3	1,8	0,01[1,2]
Частота обострений с госпитализацией, на человека в год	0,9	0,7	1,5	0,8	0,01[1,2,3]

Примечания: [1] — различия достоверны между подгруппами профессиональной и общей ХОБЛ с коморбидной сердечной недостаточностью, [2] — различия достоверны между подгруппами ХОБЛ табакокурения, [3] — различия достоверны между подгруппами профессиональной ХОБЛ.

Notes: [1] — differences are significant between subgroups of occupational and General COPD with comorbid heart failure, [2] — differences are significant between subgroups of COPD Smoking, [3] — differences are significant between subgroups of OCOPD.

ческое давление в легочной артерии (СДЛА) было выше у больных ХОБЛ и сердечной недостаточностью, наибольшим — в группе профессионального заболевания.

При стратификации больных ХОБЛ по наличию сердечной недостаточности выявлено, что в условиях коморбидности больше тяжесть симптомов ХОБЛ (табл. 4). У большинства больных — 60 (95,2%) в группе ПХОБЛ и 34 (89,5%) в группе ХОБЛ табакокурения — значение индекса CAT превышало 10 баллов. При этом у больных ПХОБЛ тяжесть симптомов была достоверно выше, толерантность к физической нагрузке по результатам ТШХ — существенно меньше.

Значения ОФВ1 при ПХОБЛ в зависимости от наличия или отсутствия сердечной недостаточности значимо не различалась, но скорость снижения ОФВ1 была выше в группе коморбидной патологии. При сочетании с сердечной недостаточностью ХОБЛ табакокурения тяжесть бронхообструкции увеличивалась. Снижение PaO_2 было наибольшим у больных ПХОБЛ в сочетании с сердечной недостаточностью.

В подгруппе сочетания ПХОБЛ и сердечной недостаточности частота всех обострений не отличалась от ПХОБЛ без коморбидности, а частота обострений с госпитализацией была достоверно больше. В группе ХОБЛ табакокурения частота как всех обострений, так и обострений с госпитализацией была выше у больных в подгруппе коморбидной патологии.

В многофакторном регрессионном анализе определены наиболее значимые ассоциации коморбидной сердечной недостаточности и фенотипа ХОБЛ. У больных ПХОБЛ увеличение стажа работы в условиях воздействия промышленных аэрозолей на год увеличивало вероятность формирования коморбидной сердечной недостаточности на 12% (ОШ 1,12, 95% ДИ 1,05–1,52, *p*=0,002), увеличение СДЛА на 10 мм рт. ст. увеличивало вероятность на 9% (ОШ 1,09, 95% ДИ 1,03–1,96, *p*=0,003), снижение PaO_2 на 5 мм рт. ст. увеличивало вероятность на 22% (ОШ 0,82, 95% ДИ 0,67–0,94, *p*=0,001), снижение дистанции ТШХ на 20 м увеличивало вероятность на 11% (ОШ 0,9, 95% ДИ 0,85–0,99, *p*=0,004).

В группе сравнения коморбидная сердечная недостаточность была ассоциирована с другими характеристиками ХОБЛ — длительностью заболевания (ОШ 1,09, 95% ДИ 1,03–1,92, *p*=0,003), частыми обострениями (ОШ 3,2, 95% ДИ 1,5–6,8, *p*=0,004), ОФВ 1 (ОШ 0,86, 95% ДИ 0,42–0,83, *p*=0,003).

Обсуждение. Формирование сочетанной патологии ХОБЛ и сердечной недостаточности обусловлено общими биомеханизмами и анатомическими взаимосвязями респираторной и сердечно-сосудистой систем. Правожелудочковая недостаточность может быть прямым следствием легочной гипертензии [14]. С левожелудочковой недостаточностью ХОБЛ ассоциирована за счет межжелудочковых взаимодействий, сдавления полостей сердца эмфизематозными легкими, изменений гормонального и цитокинового профиля [15,16].

В данном исследовании частота и структура сердечной недостаточности у больных ПХОБЛ отличались от ХОБЛ другой этиологии. Было характерно развитие бивентрикулярной сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса, преимущественное нарушение диастолической функции миокарда. Выявленные особенности могут быть объяснены различиями воспалительного ответа на ингаляцию промышленных аэрозолей и табачного дыма [9,10]. Данное предположение подтверждается также прогностической значимостью для развития коморбидного состояния стажа работы. В то же время у этих больных длительность и интенсивность курения, продолжительность ХОБЛ не были ассоциированы с вероятностью развития сердечной недостаточности. Сердечная недостаточность была взаимосвязана в большей степени с сосудистым компонентом ПХОБЛ и скоростью снижения ОФВ1, а не с самой тяжестью бронхообструкции. Учитывая также преобладание бивентрикулярного поражения, можно предположить влияние на миокард и сосуды системного воспаления [15] и компонентов про-

мышленных аэрозолей, а не только изменение пред- и постнагрузки. Известно, что ароматические углеводороды и кристаллический кремний обладают кардиотоксическим эффектом [17] и могут индуцировать ремоделирование сосудов малого круга кровообращения [18–19].

Сердечная недостаточность влияла на фенотип ПХОБЛ. Клинико-функциональными особенностями коморбидного заболевания были: увеличение выраженности симптомов ХОБЛ, снижение толерантности к физической нагрузке, тяжелая легочная гипертензия, гипоксемия покоя, увеличение частоты тяжелых обострений с острой дыхательной недостаточностью, увеличение легочных объемов. Влияние сердечной недостаточности в группе ХОБЛ табакокурения соответствовало раннее опубликованным данным — усиление одышки, увеличение бронхообструкции, риска всех обострений [20,21].

Выводы. *1. ПХОБЛ отличается высокой вероятностью развития коморбидной сердечной недостаточности — 54,8%. Преобладает бивентрикулярная недостаточность с сохраненной фракцией выброса и преимущественным нарушением диастолической функции миокарда. 2. Фенотип ХОБЛ в сочетании с сердечной недостаточностью отличается выраженными симптомами, низкой толерантностью к физической нагрузке, скоростью снижения ОФВ1, гипоксемией покоя, тяжелыми обострениями ХОБЛ.*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2017 году: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей благополучия человека; 2018.

2. Бухтияров И.В., Измеров Н.Ф., Тихонова Г.И., Чуранова А.Н., Горчакова Т.Ю., Брылева М.С., Крутько А.А. Условия труда как фактор риска повышения смертности в трудоспособном возрасте. *Мед. труда и пром. экол.* 2017; 8: 43–9.

3. Васильева О.С., Кравченко Н.Ю. Хроническая обструктивная болезнь легких как профессиональное заболевание: факторы риска и проблема медико-социальной реабилитации больных. *Российский медицинский журнал.* 2015; 21 (5): 22–6.

4. Fishwick D., Sen D., Barber C., Bradshaw L., Robinson E., Sumner J. Occupational chronic obstructive pulmonary disease: a standard of care. *Occupational medicine (Oxford, England).* 2015; 65 (4): 270–82 DOI:10.1093/occmed/kqv019.

5. Chuchalin A.G., Khaltaev N., Antonov N.S., Galkin D.V., Manakov L.G., Antonini P. et al. Chronic respiratory diseases and risk factors in 12 regions of the Russian Federation. *International journal of chronic obstructive pulmonary disease.* 2014; 9: 963–74 DOI: 10.2147/COPD.S67283.

6. Global Strategy for the Diagnosis, Management, and Prevention of Chronic Obstructive Pulmonary Disease (2019 reprot). https://goldcopd.org/wp-content/uploads/2018/11/GOLD–2019-v1.7-FINAL–14Nov2018-WMS.pdf

7. Carter P., Lagan J., Fortune C., Bhatt D.L., Vestbo J., Niven R. et al. Association of Cardiovascular Disease With Respiratory *Disease. J Am Coll Cardiol.* https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0735109719304577?via%3Dihub DOI:10.1016/j.jacc. 2018.11.063.

8. Parrinello G., Torres D., Buscemi S., Di Chiara T., Cuttitta F., Cardillo M. et al. Right ventricular diameter predicts all-cause mortality in heart failure with preserved ejection fraction. *Intern Emerg Med* https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11739–019–02071-x DOI: 10.1007/s11739–019–02071-x.

9. Серебряков П.В., Карташев О.И., Федина И.Н. Клинико-гигиеническая оценка состояния здоровья работников производства меди в условиях крайнего севера. *Мед. труда и пром. экол.* 2016; 1: 25–8.

10. Шпагина Л.А., Котова О.С., Сараскина Л.Е., Ермакова М.А. Особенности клеточно-молекулярных механизмов профессиональной хронической обструктивной болезни легких. *Сибирское медицинское обозрение*. 2018; 2: 37–45 DOI: 10.20333/2500136–2018–2–37–45.

11. Rodríguez E., Ferrer J., Zock J.P., Serra I., Antó J.M., de Batlle J. et al. Lifetime occupational exposure to dusts, gases and fumes is associated with bronchitis symptoms and higher diffusion capacity in COPD patients. *PLoS One*. 2014; 9(2): e88426 10.1371/journal. pone. 0088426.

12. Мареев В.Ю., Фомин И.В., Агеев Ф.Т., Беграмбекова Ю.Л., Васюк Ю.А., Гарганеева А.А. и др. Клинические рекомендации ОССН — РКО — РНМОТ. Сердечная недостаточность: хроническая (ХСН) и острая декомпенсированная (ОДСН). Диагностика, профилактика и лечение. *Кардиология.* 2018; 58(S6): 1–164

13. Чучалин А.Г., Авдеев С.Н., Айсанов З.Р., Белевский А.С., Лещенко И.В., Овчаренко С.И., Шмелев Е.И. *Российское респираторное общество. Хроническая обструктивная болезнь легких. Федеральные клинические рекомендации.* http://spulmo.ru/obrazovatelnye-resursy/federalnye-klinicheskie-rekomendatsii/

14. Portillo K., Torralba Y., Blanco I., Burgos F., Rodriguez-Roisin R., Rios J. et al. Pulmonary hemodynamic profile in chronic obstructive pulmonary disease. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis.* 2015; 10: 1313–20. DOI: 10.2147/COPD.S78180.

15. Barnes PJ. Inflammatory mechanisms in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *J Allergy Clin Immunol.* 2016; 138 (1): 16–27 DOI: 10.1016/j. jaci. 2016.05.011.

16. Hohlfeld J.M., Vogel-Claussen J., Biller H., Berliner D., Berschneider K., Tillmann H.C., et al. Effect of lung deflation with indacaterol plus glycopyrronium on ventricular filling in patients with hyperinflation and COPD (CLAIM): a double-blind, randomised, crossover, placebo-controlled, single-centre trial. *Lancet Respir Med.* 2018; 6(5): 368–78 DOI: 10.1016/S2213–2600(18)30054–7.

17. Зюбина Л.Ю., Шпагина Л.А., Паначева Л.А. Профессионально обусловленные гемопатии и профессиональные заболевания крови. *Мед. труда и пром. экол.* 2008; 11: 15–20.

18. Montani D., Lau E.M., Descatha A., Jaïs X., Savale L., Andujar P., et al. Occupational exposure to organic solvents: a risk factor for pulmonary veno-occlusive disease. *Eur Respir J*. 2015; 46 (6): 1721–31. DOI: 10.1183/13993003.00814–2015.

19. Zelko I.N., Zhu J., Roman J. Role of SOD3 in silica-related lung fibrosis and pulmonary vascular remodeling. *Respir Res.* 2018; 19 (1): 221 DOI: 10.1186/s12931–018–0933–6.

20. Giezeman M., Hasselgren M., Lisspers K., Ställberg B., Montgomery S., Janson C., Sundh J. Influence of comorbid heart disease on dyspnea and health status in patients with COPD — a cohort study. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis.* 2018; 13: 3857–65. DOI: 10.2147/COPD.S175641.

21. Westerik J.A., Metting E.I., van Boven J.F., Tiersma W., Kocks J.W., Schermer T.R. Associations between chronic comorbidity and exacerbation risk in primary care patients with COPD. *Respir Res.* 2017; 18 (1): 31 DOI: 10.1186/s12931–017–0512–2.

REFERENCES

1. On the state of sanitary and epidemiological welfare of the population in the Russian Federation in the year 2017: State Report. Moscow, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing; 2018 (in Russian).

2. Bukhtiyarov I.V. Izmerov N.F., Tikhonova G.I., Churanova A.N., Gorchakova T.Yu., Bryleva M.S., Krutko A.A. Work condi-

tions as a risk factor mortality increase in able-bodied population. Med Tr Prom Ekol. 2017; 8:43–49 (in Russian).

3. Vasilyeva O.S., Kravchenko N.Yu. The chronic obstructive disease of lungs as occupational illness: risk factors and problem of medical social rehabilitation of patients. *Rossijskij medicinskij zhurnal.* 2015; 21(5): 22–6 (in Russian).

4. Fishwick D., Sen D., Barber C., Bradshaw L., Robinson E., Sumner J. Occupational chronic obstructive pulmonary disease: a standard of care. *Occupational medicine (Oxford, England).* 2015; 65 (4): 270–82 DOI:10.1093/occmed/kqv019.

5. Chuchalin A.G., Khaltaev N., Antonov N.S., Galkin D.V., Manakov L.G., Antonini P. et al. Chronic respiratory diseases and risk factors in 12 regions of the Russian Federation. *International journal of chronic obstructive pulmonary disease*. 2014; 9: 963–74 DOI: 10.2147/COPD.S67283.

6. Global Strategy for the Diagnosis, Management, and Prevention of Chronic Obstructive Pulmonary Disease (2019 reprot). https://goldcopd.org/wp-content/uploads/2018/11/GOLD–2019-v1.7-FINAL–14Nov2018-WMS. pdf

7. Carter P., Lagan J., Fortune C., Bhatt D.L., Vestbo J., Niven R. et al. Association of Cardiovascular Disease With Respiratory *Disease. J Am Coll Cardiol.* https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0735109719304577?via%3Dihub DOI: 10.1016/j.jacc. 2018.11.063.

8. Parrinello G., Torres D., Buscemi S., Di Chiara T., Cuttitta F., Cardillo M. et al. Right ventricular diameter predicts all-cause mortality in heart failure with preserved ejection fraction. *Intern Emerg Med* https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11739–019–02071-x DOI: 10.1007/s11739–019–02071-x.

9. Serebryakov P.V., Kartashev O.I., Fedina I.N. Clinical and hygienic evaluation of health state of copper production workers in Far North. *Med Tr Prom Ekol.* 2016; 1: 25–8 (in Russian).

10. Shpagina L.A., Kotova O.S., Saraskina L.E., Ermakova M.A. Peculiarities of cellular molecular mechanisms of occupational chronic obstructive pulmonary disease. *Sib. med. obozrenie.* 2018; (2): 37–45 DOI: 10.20333/2500136–2018–2–37–45.

11. Rodríguez E., Ferrer J., Zock J.P., Serra I., Antó J.M., de Batlle J. et al. Lifetime occupational exposure to dusts, gases and fumes is associated with bronchitis symptoms and higher diffusion capacity in COPD patients. *PLoS One*. 2014; 9 (2): e88426. DOI: 10.1371/journal. pone. 0088426.

12. Mareev V.Yu. Fomin I.V. Ageev F.T. Begrambekova Yu.L. Vasyuk Yu.A. Garganeeva A.A. et al. Clinical guidelines OSSN — RCO — RSMOT. Heart failure: chronic and acute decompensated. Diagnosis, prevention and treatment. *Kardiologiya.* 2018; 58(S6): 1–164 (in Russian).

13. Chuchalin A.G., Avdeev S.N., Ajsanov Z.R., Belevskij A.S., Leshchenko I.V., Ovcharenko S.I., SHmelev E.I. Russian Respiratory Society. Chronic obstructive pulmonary disease. Federal guidelines. Available at: http://spulmo.ru/obrazovatelnye-resursy/federalnye-klinicheskie-rekomendatsii/ (in Russian).

14. Portillo K., Torralba Y., Blanco I., Burgos F., Rodriguez-Roisin R., Rios J. et al. Pulmonary hemodynamic profile in chronic obstructive pulmonary disease. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis.* 2015; 10: 1313–20. DOI: 10.2147/COPD.S78180.

15. Barnes PJ. Inflammatory mechanisms in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *J Allergy Clin Immunol.* 2016; 138 (1): 16–27 DOI: 10.1016/j.jaci. 2016.05.011.

16. Hohlfeld J.M., Vogel-Claussen J., Biller H., Berliner D., Berschneider K., Tillmann H.C., et al. Effect of lung deflation with indacaterol plus glycopyrronium on ventricular filling in patients with hyperinflation and COPD (CLAIM): a double-blind, randomised, crossover, placebo-controlled, single-centre trial. *Lancet Respir Med.* 2018; 6(5): 368–78 DOI: 10.1016/S2213–2600(18)30054–7.

17. Zyubina L.Yu., Shpagina L.A., Panacheva L.A. Industrially mediated hemopathies and occupational diseases of blood. *Med. truda i prom. ekol.* 2008; 11: 15–20 (in Russian)

18. Montani D., Lau E.M., Descatha A., Jaïs X., Savale L., Andujar P., et al. Occupational exposure to organic solvents: a risk factor for pulmonary veno-occlusive disease. *Eur Respir J*. 2015;46(6): 1721–31. DOI: 10.1183/13993003.00814–2015.

19. Zelko I.N., Zhu J., Roman J. Role of SOD3 in silica-related lung fibrosis and pulmonary vascular remodeling. *Respir Res.* 2018; 19 (1): 221 DOI: 10.1186/s12931–018–0933–6.

20. Giezeman M., Hasselgren M., Lisspers K., Ställberg B., Montgomery S., Janson C., Sundh J. Influence of comorbid heart disease on dyspnea and health status in patients with COPD — a cohort study. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis.* 2018; 13: 3857–65. DOI: 10.2147/COPD.S175641.

21. Westerik J.A., Metting E.I., van Boven J.F., Tiersma W., Kocks J.W., Schermer T.R. Associations between chronic comorbidity and exacerbation risk in primary care patients with COPD. *Respir Res.* 2017; 18 (1): 31 DOI: 10.1186/s12931–017–0512–2.

Дата поступления / Received: 15.04.2019
Дата принятия к печати / Accepted: 05.07.2019
Дата публикации / Published: 24.07.2019

Original article

DOI: http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-7-395-399

УДК [575.113.1+577.2 : 331.438–057]: 005

© Коллектив авторов, 2019

Андрущенко Т.А.[1], Гончаров С.В.[2], Досенко В.Е.[2], Ищейкин К.Е.[3]

Молекулярно-генетический анализ полиморфизма генов репарации двунитевых разрывов ДНК и репарации «несоответствий» ДНК у работников вредных и опасных отраслей промышленности

[1]Государственное Учреждение «Институт медицины труда имени Ю.И. Кундиева Национальной академии медицинских наук Украины», ул. Саксаганского, 75, г. Киев, Украина, 01033;
[2]Институт физиологии имени А.А. Богомольца Национальной академии наук Украины, ул. Богомольца, 4, г. Киев, Украина, 01024;
[3]ВГУЗ Украины «Украинская медицинская стоматологическая академия», ул. Шевченко, 22, г. Полтава. Украина, 36011

Введение. Представлены результаты исследования полиморфизмов генов репарации двунитевых разрывов ДНК: *XRCC7* (rs7003908), *ATM* (rs664677), репарации «несоответствий» ДНК — *MLH1* (rs1799977) у шахтеров и работников асбестоцементных заводов с профессионально обусловленной бронхолегочной патологией.

Цель исследования — изучить распределение частот генотипов генов репарации ДНК: *XRCC7* (rs7003908), *ATM* (rs664677) и *MLH1* (rs1799977) у работников вредных и опасных отраслей промышленности для выявления маркеров повышенного риска развития бронхолегочной патологии.

Материалы и методы. У 90 человек с бронхолегочной патологией и 124 респондентов, которые работали в тех же условиях труда, но в анамнезе не имели заболеваний дыхательной системы, методом полимеразной цепной реакции в реальном времени изучен полиморфизм генов репарации ДНК: *XRCC7* (rs7003908), *ATM* (rs664677) и *MLH1* (rs1799977).

Результаты. Установлено, что генотипы *ATM×T/T* и *MLH1×A/G* ассоциированы с риском развития бронхолегочной патологии. Также установлены генотипы, которые способствуют резистентности к развитию патологии дыхательной системы: *ATM×A/A, ATM× A/T* и *MLH1×A/A*.

Заключение. *Установлены генотипы, ассоциированные с риском развития бронхолегочной патологии: ATM×T/T ($p \le 0{,}01$, $\chi^2=6{,}61$; OR=2,48; 95%CI: 1,16–5,31) и MLH1×A/G ($p \le 0{,}002$, $\chi^2=9{,}00$; OR=2,32; 95%CI: 1,29–4,21). Также определены генотипы, способствующие резистентности к развитию заболеваний дыхательной системы: ATM×A/A (OR=0,83; 95%CI: 0,45–1,54), ATM×A/T (OR=0,67; 95%CI: 0,38–1,21) и MLH1× A/A ($p \le 0{,}003$, $\chi^2=8{,}73$; OR=0,43; 95%CI: 0,24–0,79).*

Ключевые слова*: SNP; XRCC7; ATM; MLH1; бронхолегочная патология*

Для цитирования: Андрущенко Т.А., Гончаров С.В., Досенко В.Е., Ищейкин К.Е. Молекулярно-генетический анализ полиморфизма генов репарации двунитевых разрывов ДНК и репарации «несоответствий» ДНК у работников вредных и опасных отраслей промышленности. *Мед. труда и пром. экол.* 2019; 59 (7). http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-7-395-399

Для корреспонденции: *Досенко Виктор Евгеньевич,* проф., зав. отделом общей и молекулярной патофизиологии Института физиологии имени А.А. Богомольца, д-рмед. наук. E-mail: dosenko@biph.kiev.ua

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Tatyana A. Andrushchenko[1], Sergey V. Goncharov [2], Viktor E. Dosenko [2], Konstantin E. Ischeikin[3]

Molecular genetic analysis of the polymorphism of repair genes of double-strand breaks DNA strand breaks and repair «inconsistencies» DNA in workers of hazardous industries

[1]Kundiiev Institute of Occupational Health of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine, 75, Saksaganskogo str., Kyiv, Ukraine; 01033;
[2]Bogomolets Institute of Physiology of the National Academy of Sciences of Ukraine, 4, Bogomoltsa str., Kyiv, Ukraine, 01024;
[3]Ukrainian Medical Dental Academy, 22, Shevchenko str., Poltava, Ukraine, 36011

Introduction. Presents results of a study of polymorphisms of repair genes of double-strand breaks DNA breaks: XRCC7 (rs7003908), ATM (rs664677), repair «inconsistencies» DNA MLH1 (rs1799977) in miners and workers of asbestos factories professionally due to broncho-pulmonary pathology.

The aim of the study was to research the frequency distribution of genotypes of DNA repair genes: XRCC7 (rs7003908), ATM (rs664677) and MLH1 (rs1799977) in workers of harmful and dangerous industries to identify markers of increased risk of bronchopulmonary pathology.

Materials and methods. In 90 people with bronchopulmonary pathology and 124 respondents who worked in the same working conditions but had no history of diseases of the respiratory system, polymerase chain reaction in real time studied the polymorphism of DNA repair genes: XRCC7 (rs7003908), ATM (rs664677) and MLH1 (rs1799977).

Results. It was found that the genotypes ATM×T/T and MLH1×A/G are associated with the risk of bronchopulmonary pathology. Genotypes that contribute to resistance to the development of respiratory system pathology were also established: ATM×A/A, ATM× A/T and MLH1×A/A.

Conclusion. *Genotypes associated with the risk of bronchopulmonary pathology were established: ATM×T/T (p≤0.01, χ2=6.61; OR=2.48; 95%CI: 1.16–5.31) and MLH1×A/G (p≤0.002, χ2=9.00; OR=2.32; 95%CI: 1.29–4.21). Also determined the genotypes that contribute to resistance to the development of diseases of the respiratory system: ATM×a/A (OR=0,83; 95%CI: 0,45–1,54), ATM×A/T (OR=0,67; 95% CI: 0,38–1,21) and MLH1× a/A (p≤0,003, χ2=8,73; OR=0,43; 95% CI: 0,24–0,79).*
Key words: *SNP; XRCC7; ATM; MLH1; bronchopulmonary pathology*
For citation: Andrushchenko T.A., Goncharov S.V., Dosenko V.E., Ischeikin K.E. Molecular genetic analysis of the polymorphism of repair genes of double-strand breaks DNA strand breaks and repair «inconsistencies» DNA in workers of hazardous industries. *Med. truda i prom. ekol.* 2019; 59 (7). http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-7-395-399
For correspondence: *Victor E. Dosenko*, prof., Head of Department of General and molecular pathophysiology of Bogomolets Institute of Physiology, Dr. of Sci. (Med.). E-mail: dosenko@biph.kiev.ua
Funding. The study had no funding.
Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

Введение. К настоящему времени в мировой литературе собрано много данных об однонуклеотидных генных полиморфизмах (от англ. SNP — *single nucleotide polymorphism*) генов репарации ДНК, которые связывают с факторами риска целого ряда онкопатологий различных типов и локализаций. Важная роль в процессе восстановления структуры ДНК от повреждений при действии различных внутренних и внешних факторов принадлежит генам репарации системы двунитевых разрывов ДНК (от англ. DSBR — Double — *strand break repair*) [1]. Среди известных генетических факторов гены негомологического соединения концов ДНК (от англ. NHEJ — Non-*homologous end joining*) являются признанными онкомаркерами, они играют важную роль в восстановлении двунитевых разрывов ДНК при действии экзогенных факторов [2].

Ген *XRCC7,* еще известный под названием *PRKDC* (от англ. Protein kinase, DNA-activated, catalytic polypeptide), находится на 8-й хромосоме (8q11), состоит из 85 экзонов и 86 интронов и является важным ДНК-регенератором, который принимает участие в NHEJ [3]. Данный ген кодирует белок PRKDC, содержащий 4128 аминокислотных остатков, с молекулярной массой 469 089. Функционально он принадлежит к трансферазкиназам серин-треониновых протеинкиназ. Белок PRKDC представляет собой большую каталитическую субъединицу комплекса ДНК-ПК (DNA-PKcs), которая образует активную протеинкиназу с гетеродимером Ku и инициирует восстановление ДНК путем NHEJ [2,3]. На сегодня в гене *XRCC7* известны более 100 SNP, некоторые из них имеют корреляции со злокачественными опухолями [2,4–6].

Ген мутации атаксии-телеангиэктазии (*ATM*) картирован в 1994 г. и клонирован в 1995 г., в нем описано 88 SNP с неизвестными клиническими значениями [7,8]. Для людей с мутациями в *ATM* характерны чувствительность к излучению, множественные пороки развития и склонность к онкологическим заболеваниям. Все мутации этого гена равномерно распределены по его длине без заметных «горячих точек» [9,10]. Ген *ATM* кодирует ДНК-зависимую протеинкиназу, которая находится преимущественно в ядре и участвует в проведении митогенного сигнала, мейотической рекомбинации и регуляции клеточного цикла.

Особенное место среди клеточных систем занимает репарация «несоответствий» ДНК (от англ. MMR — mismatch repair). Благодаря системе MMR возможно сохранить генетическую информацию при попадении организмов в условия, при которых резко повышается частота мутаций [11]. В результате ошибок «несоответствий» при действии ДНК-полимеразы, а также при рекомбинации у вновь синтезированных нитях ДНК появляются некомплиментарные остатки нуклеозидов: вместо канонических пар G-C и A-T в ДНК появляются пары G-G, A-A, A-C, G-T, которые локально искривляют двойную спираль макромолекулы [12].

Начиная с 1993 г. изучались гены, расположенные на 2 и 3-й хромосомах, ассоциированные с синдромом Линча (наследственный рак толстой кишки — РТК) и злокачественными опухолями других локализаций. В результате было определено, что причиной возникновения РТК является герминальная мутация генов MMR — *MLH1, MSH2, MSH3, MSH6, PMS1, PMS2* [13]. Из-за ошибок репликации и потери комплементарности нитей ДНК происходят замены оснований, инсерции, делеции и образуются петли, распознаваемые белками MSH2/MSH6, MSH2/MSH3. Данные белковые комплексы направляются к местам с нарушенной структурой ДНК, где, в свою очередь, другие белки MLH1/PMS2, MLH1/MLH3 привлекают экзо- и эндонуклеазы в процесс вырезания аномального фрагмента ДНК, а факторы репликации — PCNA, ДНК-полимеразы — восстанавливают нормальную структуру ДНК [13]. В международной базе данных зарегистрированы 126 SNP генов *MLH1* и *MSH2*, большинство из которых находятся на интронной поверхности гена [14]. Ген *MLH1* (от англ. mutL (E. coli) homolog 1), локализированный на 3 хромосоме, представлен 19 экзонами и 757 кодонами и является геном-супрессором группы генов «общего контроля» [13]. *MLH1* кодирует соответственный белок, который состоит из 756 аминокислот и регулирует замену неправильно спаренных оснований ДНК, инактивируется метиллированием [15].

Актуален поиск генетических маркеров развития многих мультифакторных заболеваний и повышенной чувствительности к определенным неблагоприятным факторам. В структуре вредных и опасных профессиональных факторов, обусловливающих развитие бронхолегочной патологии (БЛП), есть те, что могут приводить к нарушениям в системах DSBR и MMR: пыль фиброгенного действия, химические вещества, физические факторы — это, в свою очередь может индуцировать мутагенез у работников определенных профессиональных групп. Таким образом, учитывая патогенетическую составляющую повреждений ДНК в развитии БЛП, поиск маркеров индивидуальной предрасположенности к патологии дыхательной системы среди SNP DSBR и MMR представляется актуальным.

Цель исследования — изучить распределение частот генотипов генов DSBR: *XRCC7* (rs7003908), *ATM* (rs664677) и MMR: *MLH1* (rs1799977) у работников вредных и опасных отраслей промышленности для выявления маркеров повышенного риска развития БЛП.

Материалы и методы. В исследование вошли две категории работников вредных и опасных отраслей промышленности Украины (*n*=214). Первая катего-

рия — это работники асбестоцементных заводов (АЦЗ) (*n*=94), их возраст составлял 42,9±5,1 года, стаж во вредных условиях труда — 15,8±3,7 года. Второй категорией респондентов стали шахтеры угольных шахт (n=120), возраст шахтеров составлял 52,5±5,2 года, подземный стаж 22,1±4,3 года. Для сравнительного анализа были сформированы две группы: исследования и контроля. Группу исследования составили работники АЦЗ и шахтеры с БЛП (хронический бронхит, хроническое обструктивное заболевание легких, пневмокониоз). Верификация БЛП происходила на основании результатов исследования функции внешнего дыхания и диффузионной способности альвеоло-капиллярной мембраны (DLCo от англ. diffusing capacity of the lung for carbon monoxide) во время обследования пациентов в клинике профессиональных заболеваний ГУ «Институт медицины труда имени Ю.И. Кундиева НАМН». Оценка результатов исследования проведена по общепринятым показателям вышеуказанных методов. В контрольную группу вошли работники АЦЗ и шахтеры, у которых в анамнезе не было патологии дыхательной системы, но со стажем и условиями труда, сопоставимыми с данными респондентов группы исследования.

Материалом для исследования служила венозная кровь, которую забирали в стерильных условиях в моноветы объемом 2,7 мл с антикоагулянтом (калиевой солью этилендиаминтетрауксусной кислоты) 11,7 ммоль/л («Sarstedt», Германия). Создан унифицированный банк генетического материала людей, которые имели контакт с генотоксическими агентами (пыль фиброгенного действия, химические вещества и физические факторы) для оценки отдаленных последствий влияния техногенных факторов с применением современных молекулярно-генетических технологий. ДНК выделяли из лейкоцитов периферической крови с использованием наборов «NeoPrep100DNA», «NEOGENE», Украина. При помощи 7500 Fast Real-time PCR System («Applied Biosystems», США) и TaqMan SNP определялись генотипы генов *ATM* (rs664677), *XRCC7* (rs7003908), *MLH1* (rs1799977), затем проводился анализ дискриминации аллелей (рисунок).

Полученные результаты статистически обработаны при использовании программ Orion 7.0, Statistica 10, Excel 2000. При этом вероятность отличий определялась по χ^2 — критерию, значение $p<0,05$ считалось достоверным.

Результаты и обсуждение. Для изучения ассоциаци генотипов генов *XRCC7* (rs7003908), *ATM* (rs664677) и *MLH1* (rs1799977) с риском развития БЛП были определены их частоты. Следует отметить, что полученные значения частот генотипов были близки к популяционным частотам европейской популяции (табл. 1).

Частота аллельных вариантов гена *XRCC7* (rs7003908) была следующей: в группе контроля C/C — 44,8%; C/T — 40,8%, T/T — 14,4%; соответственно в группе исследования доминантные гомозиготы C/C — 46,7%, гетерозиготы C/T — 42,2%, минорные гомозиготы T/T — 11,1% ($p\leq0,7$) (табл. 2). Полученные результаты показывают, что распределение частот генотипов гена *XRCC7* (rs7003908) существенно не отличалось в контрольной группе и в группе работников с БЛП.

При исследовании частот генотипов гена *ATM* (rs664677) установлено, что в группе контроля доминантные гомозиготы *A/A* составляли 32,5%; гетерози-

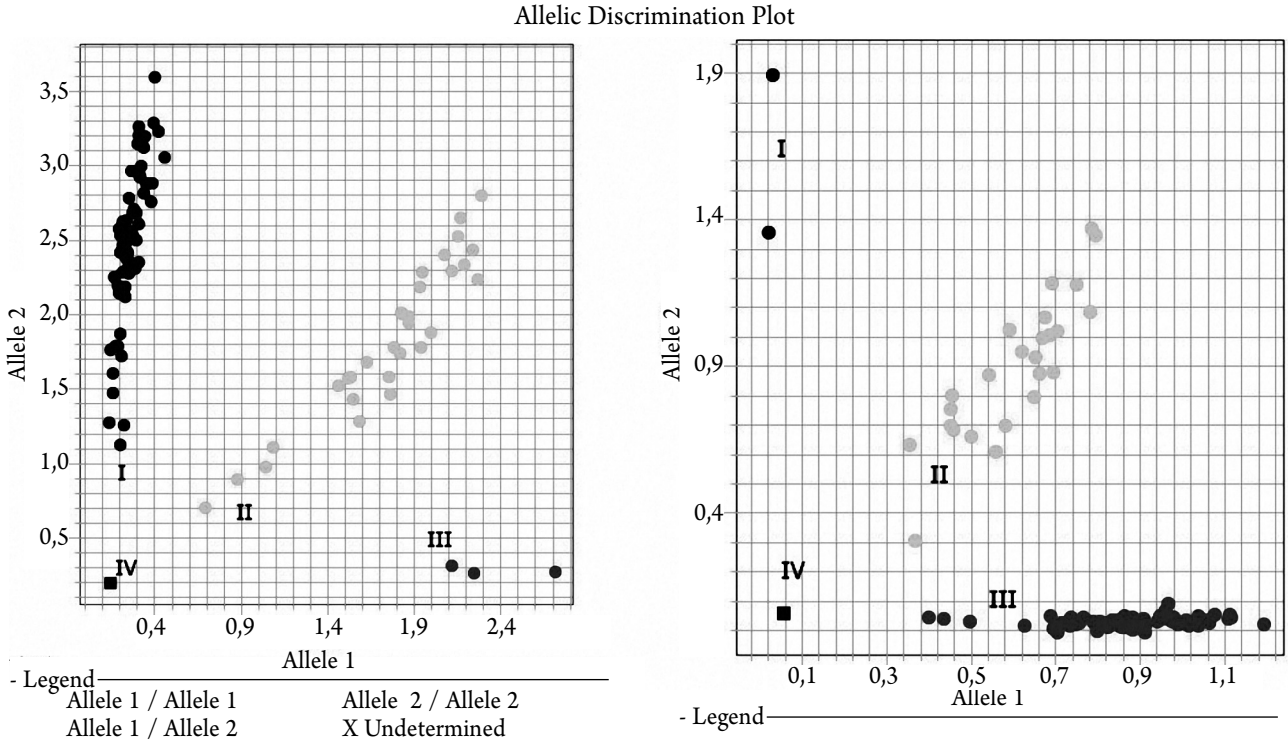

Рис. 1. Результаты дискриминации аллелей гена *ATM* (rs664677) с применением Real-time PCR у работников контрольної групи (а) и у работников с бронхолегочной патологией (б).

Примечание: I — гомозиготы A/A, II — гетерозиготы A/T, III — гомозиготы T/T, VI — проба, которая не содержала ДНК.

Fig. 1. The results of discrimination of alleles of the gene ATM (rs664677) using Real-time PCR workers of control group (a) and workers with broncho-pulmonary pathology (b).

Note: I — homozygotes A/A, II — heterozygotes A/T, III — homozygotes T/T, VI — sample that did not contain DNA.

Таблица 1 / Table 1

Частотное (%) распределение генотипов генов *XRCC7* (rs7003908), *ATM* (rs664677) и *MLH1* (rs1799977) в европейской популяции
Frequency (%) distribution of xrcc7 (rs7003908), ATM (rs664677) and MLH1 (rs1799977) gene genotypes in European population

Полиморфизм	Доминантные гомозиготы,%	Гетерозиготы,%	Минорные гомозиготы,%	Ссылка
XRCC7 (rs7003908)	*C/C* — до 33	*C/T* — до 50	*T/T*– до 17	5, 14
ATM (rs664677)	*A/A* — 30–35	*A/T* — до 50	*T/T* — до 13	5, 14
MLH1 (rs1799977)	*A/A* — 45- 55	*A/G* — 35–45	*G/G* — до 10	1, 4

Таблица 2 / Table 2

Частотное (%) распределение генотипов генов *XRCC7* (rs7003908), *ATM* (rs664677) и *MLH1* (rs1799977) в популяции работников вредных и опасных отраслей промышленности
Frequency (%) distribution of xrcc7 (rs7003908), ATM (rs664677) and MLH1 (rs1799977) gene genotypes in the population of hazardous and hazardous industries workers

Группа	Частота генотипов,%						p, χ^2
	n	%	*n*	%	*n*	%	
XRCC7 (rs7003908)							
	CC		CT		TT		
Контроль	56	44,8	51	40,8	18	14,4	
Исследование	42	46,7	38	42,2	10	11,1	$p \leq 0,7$
p, χ^2	$p \leq 0,7$		$p \leq 0,8$		$p \leq 0,4$		
OR, 95% CI	1,08 (0,60–1,93)		1,06 (0,59–1,91)		0,74 (0,30–1,81)		
ATM (rs664677)							
	AA		AT		TT		
Контроль	44	35,2	65	52,0	16	12,8	
Исследование	28	31,1	38	42,2	24	26,7	$p \leq 0,03$
p, χ^2	$p \leq 0,5$		$p \leq 0,1$		$p \leq 0,01$; $\chi^2=6,61$		
OR, 95% CI	0,83 (0,45–1,54)		0,67 (0,38–1,21)		2,48 (1,16–5,31)		
MLH1 (rs1799977)							
	AA		AG		GG		
Контроль	70	56,0	45	36,0	10	8,0	
Исследование	32	35,6	51	56,7	7	7,7	$p \leq 0,008$
p, χ^2	$p \leq 0,003$; $\chi^2=8,73$		$p \leq 0,002$; $\chi^2=9,0$		$p \leq 0,9$		
OR, 95% CI	0,43 (0,24–0,79)		2,32 (1,29–4,21)		0,97 (0,32–2,91)		

готы *A/T* — 52%, минорные гомозиготы *T/T* — 12,8% и соответственно в группе исследования: доминантные гомозиготы *A/A* — 31,1%, гетерозиготы *A/T* — 42,2%, минорные гомозиготы *T/T* — 26,7% ($p \leq 0,03$), (табл. 2). Полученные результаты указывают на то, что распределение частот генотипов гена *ATM* (rs664677) существенно отличалось частотами минорных гомозигот в группах исследования.

При изучении частот аллельных вариантов гена *MLH1* (rs1799977) установлено, что в группе контроля доминантные гомозиготы *A/A* составили 56,0%; гетерозиготы *A/G* — 36,0%, минорные гомозиготы *G/G* — 8,0%; соответственно в группе исследования *MLH1*×A/A — 35,6%, *MLH1*×A/G — 56,7%, *MLH1*×G/G — 7,7% ($p \leq 0,008$). Анализ распределения частот генотипов гена *MLH1* (rs1799977) в популяции шахтеров и работников АЦЗ представлен в табл. 2.

При помощи метода OR, были установлены генотипы, ассоциированные с риском развития БЛП: минорные гомозиготы *ATM*×*T/T* — 2,48 (1,16–5,31); гетерозиготы *MLH1*×*A/G* — 2,32; (1,29–4,21). Также установлены генотипы, которые способствуют резистентности к развитию патологии дыхательной системы: доминантные гомозиготы *ATM*×*A/A* — 0,83 (0,45–1,54); гетерозиготы *ATM*× *A/T* — 0,67 (0,38–1,21) и доминантные гомозиготы *MLH1*×*A/A* — 0,43 (0,24–0,79).

При вычислении результатов методом χ^2 было установлено, что минорные гомозиготы *ATM*T/T* ($p \leq 0,01$, $\chi^2=6,61$) и гетерозиготы *MLH1*×*A/G* ($p \leq 0,002$, $\chi^2=9,00$) статистически достоверно чаще встречаются в группе исследования по сравнению с группой контроля, что указывает на ассоциацию дынных генотипов с риском развития БЛП, а также установлено статистически достоверное различие частот доминантных гомозигот *MLH1*× *A/A* ($p \leq 0,003$, $\chi^2=8,73$), которые чаще представлены в группе контроля, что указывает на корреляцию с резистентностью к развитию БЛП.

Заключение. *Установлены генотипы, ассоциированные с риском развития бронхолегочной патологии: ATM×T/T ($p \leq 0,01$, $\chi^2=6,61$; OR=2,48; 95%CI: 1,16–5,31) и MLH1×A/G ($p \leq 0,002$, $\chi^2=9,00$; OR=2,32; 95%CI: 1,29–4,21). Также определены генотипы, способствующие резистентности к развитию заболеваний дыхательной системы: ATM×A/A (OR=0,83; 95%CI: 0,45–1,54), ATM×A/T (OR=0,67; 95%CI: 0,38–1,21) и MLH1× A/A ($p \leq 0,003$, $\chi^2=8,73$; OR=0,43; 95%CI: 0,24–0,79).*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Shin A., Lee KM., Ahn B. et al. Genotype-phenotype relationship between DNA repair gene genetic polymorphisms and DNA repair capacity. *Asian Pac J Cancer.* 2008; 9: 501–5.

2. Xiao M., Shen Y., Chen L. et al. The rs7003908 (T>G) polymprphism in the XRCC7 gene and the risk of cancers. *Mol. Biol. Rep.* 2014; 41(6): 3577–82.

3. Rahimi M., Fayaz S., Fard-Esfahani A., et al. The role of Ille 3434Thr XRCC7 gene polymorphism in Differentiated Thyroid Cancer risk in a Iranian population. *Iran. Biomed. J.* 2012; 16(4): 218–22.

4. Hsieh YH., Chang WS., Tsai CW. et al. DNA double-strand break repair gene XRCC7 genotypes were associated with hepatocellular carcinoma risk in Taiwanese males and alcohol drinkers. *Tumour Biol.* 2015; 36(6): 4101–6.

5. Nasiri M., Saadat I., Omidvari S. et al. Genetic variation in DNA repair gene XRCC7 (G6721T) and susceptibility to breast cancer. *Gene.* 2012; 505 (1): 195–7.

6. Wang C., Huang X-Y., Yao J-G. et al. XRCC7 rs7003908 polymorphism and Helicobacter pylori Infection — Related Gastric Antrum Adenocarcinoma. *Int. J. Genomics*. 2013; (11): 1246–52. 6

7. McConville CM, Byrd PJ, Ambrose HJ et al. Genetic and physical mapping of the ataxia-telangiectasia locus on chromosome Ilq22-q23. *Int J Radiat Biol.* 1994; 66 (5): 45–56.

8. Savitsky K, Platzer M, Uziel T. et al. Ataxia-telangiectasia: structural diversity of untranslated sequences suggests complex post-transcriptional regulation of ATM gene expression. *Nucleic Acids Res.* 1997; 25(9): 1678–84.

9. Lo YL., Hsiao CF., Jou YS., et al. ATM polymorphisms and risk of lung cancer among never smokers. *Lung Cancer.* 2010; 69 (2): 148–54.

10. Tretyak B., Makukh H., Kitsera N. et al. The molecular genetic analysis of common ATM gene mutations among patients with Ataxia-telagiectasia suspection. *Factors of experimental evolution of organisms*. 2015; 16: 251–5.

11. Vilenchik MM., Alfred G. Knudson, J. Inverse radiation dose-rate effects on somatic and germ-line mutations and DNA damage rates. *Proc Natl Acad Sci USA.* 2000; 97 (10): 5381–6.

12. Kuschel B, Auranen A, McBride S et al. Variants in double-strand break repair genes and breast cancer susceptibility. *Hum Mol Genet.* 2002; 11: 1399–440.

13. Lanza G, Gafa R, Maestri I et al. Immunohistochemical pattern of MLH1/MSH2 expression is related to clinical and pathological features in colorectal adenocarcinomas with microsatellite instability. *Mol Pathol.* 2002; 15(7): 741–9.

14. Suter CM, Martin DL, Ward RL Germline epimutation of MLH1 in individuals with multiple cancers. *Nat Genet.* 2004; 36: 497–501.

15. Herman JG. Hypermethylation of tumor suppressor genes in cancer. *Sem Cancer Biol.* 1999; 9: 359–67.

REFERENCES

1. Shin A., Lee KM., Ahn B. et al. Genotype-phenotype relationship between DNA repair gene genetic polymorphisms and DNA repair capacity. *Asian Pac J Cancer.* 2008; 9: 501–5.

2. Xiao M., Shen Y., Chen L. et al. The rs7003908 (T>G) polymprphism in the XRCC7 gene and the risk of cancers. *Mol. Biol. Rep.* 2014; 41(6): 3577–82.

3. Rahimi M., Fayaz S., Fard-Esfahani A., et al. The role of Ille 3434Thr XRCC7 gene polymorphism in Differentiated Thyroid Cancer risk in a Iranian population. *Iran. Biomed. J.* 2012; 16(4): 218–22.

4. Hsieh YH., Chang WS., Tsai CW. et al. DNA double-strand break repair gene XRCC7 genotypes were associated with hepatocellular carcinoma risk in Taiwanese males and alcohol drinkers. *Tumour Biol.* 2015; 36(6): 4101–6.

5. Nasiri M., Saadat I., Omidvari S. et al. Genetic variation in DNA repair gene XRCC7 (G6721T) and susceptibility to breast cancer. *Gene.* 2012; 505 (1): 195–7.

6. Wang C., Huang X-Y., Yao J-G. et al. XRCC7 rs7003908 polymorphism and Helicobacter pylori Infection — Related Gastric Antrum Adenocarcinoma. *Int. J. Genomics*. 2013; (11): 1246–52. 6

7. McConville CM, Byrd PJ, Ambrose HJ et al. Genetic and physical mapping of the ataxia-telangiectasia locus on chromosome Ilq22-q23. *Int J Radiat Biol.* 1994; 66 (5): 45–56.

8. Savitsky K, Platzer M, Uziel T. et al. Ataxia-telangiectasia: structural diversity of untranslated sequences suggests complex post-transcriptional regulation of ATM gene expression. *Nucleic Acids Res.* 1997; 25(9): 1678–84.

9. Lo YL., Hsiao CF., Jou YS., et al. ATM polymorphisms and risk of lung cancer among never smokers. *Lung Cancer.* 2010; 69 (2): 148–54.

10. Tretyak B., Makukh H., Kitsera N. et al. The molecular genetic analysis of common ATM gene mutations among patients with Ataxia-telagiectasia suspection. *Factors of experimental evolution of organisms*. 2015; 16: 251–5.

11. Vilenchik MM., Alfred G. Knudson, J. Inverse radiation dose-rate effects on somatic and germ-line mutations and DNA damage rates. *Proc Natl Acad Sci USA.* 2000; 97 (10): 5381–6.

12. Kuschel B, Auranen A, McBride S et al. Variants in double-strand break repair genes and breast cancer susceptibility. *Hum Mol Genet.* 2002; 11: 1399–440.

13. Lanza G, Gafa R, Maestri I et al. Immunohistochemical pattern of MLH1/MSH2 expression is related to clinical and pathological features in colorectal adenocarcinomas with microsatellite instability. *Mol Pathol.* 2002; 15(7): 741–9.

14. Suter CM, Martin DL, Ward RL Germline epimutation of MLH1 in individuals with multiple cancers. *Nat Genet.* 2004; 36: 497–501.

15. Herman JG. Hypermethylation of tumor suppressor genes in cancer. *Sem Cancer Biol.* 1999; 9: 359–67.

Дата поступления / Received: 10.08.2018
Дата принятия к печати / Accepted: 05.03.2019
Дата публикации / Published: 24.07.2019

Оригинальная статья

DOI: http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-7-400-405

УДК 613.6

© Коллектив авторов, 2019

Новикова Т.А., Данилов А.Н., Спирин В.Ф.

Влияние эргономических факторов на формирование профессионального риска нарушений здоровья механизаторов сельского хозяйства

ФБУН «Саратовский научно-исследовательский институт сельской гигиены» Роспотребнадзора, ул. Заречная, 1-А, Саратов, Россия, 410022

Введение. Ведущее место в структуре профессиональной заболеваемости механизаторов сельского хозяйства занимают вертеброневрологические заболевания, развитие которых может быть связано с воздействием эргономических факторов трудовой деятельности.

Цель исследования — оценка эргономических факторов условий труда на мобильной сельскохозяйственной технике и выявление их влияния на формирование нарушений здоровья механизаторов сельского хозяйства.

Материалы и методы. Проведены комплексные физиолого-эргономические исследования при эксплуатации тракторов и зерноуборочных комбайнов старых образцов отечественного производства, включавшие оценку организации рабочих мест на соответствие требованиям эргономики и антропометрическим данным работников, временных, статодинамических, биомеханических характеристик рабочих поз и движений, функционального состояния механизаторов (130 человек в возрасте 20–45 лет с профессиональным стажем работы не менее трех лет) в динамике рабочей смены. Антропометрические исследования проведены среди мужчин-механизаторов (663 человек) в возрасте 18–59 лет и со стажем работы в профессии более трех лет.

Результаты. Выявлено несоответствие размерных и пространственно-компоновочных параметров рабочих мест эргономическим требованиям и антропометрическим данным механизаторов, обусловливающее формирование неудобных рабочих поз, повышение физической нагрузки и тяжести трудового процесса. Установлена высокая степень корреляционной зависимости между изменениями показателей нервно-мышечной системы и выраженностью несоответствия эргономических параметров антропометрическим характеристикам механизаторов (r=0,7). Результаты исследований позволили определить приоритетные меры по профилактике вертеброневрологических заболеваний у механизаторов сельского хозяйства.

Выводы. *Организация рабочих мест на отечественных тракторах и зерноуборочных комбайнах старых образцов не соответствует эргономическим требованиям и антропометрическим данным механизаторов, что является причиной формирования неудобной рабочей позы, увеличения статодинамической физической нагрузки, раннего развития утомления и переутомления в процессе работы, что может явиться причиной развития патологических состояний позвоночника и связочного аппарата. Эргономическое совершенствование рабочих мест является одной из приоритетных мер сохранения здоровья механизаторов сельского хозяйства.*

Ключевые слова: *механизаторы сельского хозяйства; эргономические факторы; функциональные нарушения; профзаболевания; профилактика*

Для цитирования: Новикова Т.А., Данилов А.Н., Спирин В.Ф. Влияние эргономических факторов на формирование профессионального риска нарушений здоровья механизаторов сельского хозяйства. *Мед. труда и пром. экол.* 2019; 59 (7). http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-7-400-405

Для корреспонденции: *Новикова Тамара Анатольевна*, рук. отдела медицины труда ФБУН Саратовский НИИСГ Роспотребнадзора, канд. биол. наук, доц. E-mail: NovikovaTA-saratov@yandex.ru.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Tamara A. Novikova, Aleksey N. Danilov, Vladimir F. Spirin

The influence of ergonomic factors on the formation of occupational risk of health disorders of agricultural machine operators

Saratov Research Institute of Rural Hygiene, 1-A, Zarechnaja str., Saratov, Russia, 410022

Introduction. The leading place in the structure of occupational morbidity of agricultural machine operators is occupied by vertebroneurological diseases, the development of which can be associated with the impact of ergonomic factors of labor activity.

The aim of the study is to assess the ergonomic factors of working conditions on mobile agricultural machinery and to identify their impact on the formation of health disorders of agricultural machine operators.

Materials and methods. Complex physiological and ergonomic researches at operation of tractors and combine harvesters of old samples of domestic production including an assessment of the organization of workplaces on compliance to requirements of ergonomics and anthropometric data of workers, temporary, statodynamic, biomechanical characteristics of working poses and movements, a functional condition of machine operators (130 people aged 20–45 years with professional experience of work not less than three years) in dynamics of a work shift are carried out. Anthropometric studies were conducted among male machine operators (663 people) aged 18–59 years and with experience in the profession for more than three years.

Results. The discrepancy between the size and space-layout parameters of workplaces ergonomic requirements and anthropometric data of machine operators, causing the formation of uncomfortable working positions, increasing physical activity and the severity of the labor process. A high degree of correlation between changes in the parameters

of the neuromuscular system and the severity of the discrepancy between the ergonomic parameters of anthropometric characteristics of machine operators (r=0,7). The results of the research allowed to determine the priority measures for the prevention of vertebroneurological diseases in agricultural machine operators.

Conclusions. *The organization of workplaces on domestic tractors and combine harvesters of old samples does not meet the ergonomic requirements and anthropometric data of machine operators, which is the reason for the formation of an uncomfortable working posture, increased statodynamic physical activity, early development of fatigue and fatigue in the process, which can cause the development of pathological conditions of the spine and ligamentous apparatus. Ergonomic improvement of workplaces is one of the priority measures to preserve the health of agricultural machine operators.*

Key words: *agricultural machine operators; ergonomic factors; functional disorders; occupational diseases; prevention*

For citation: Novikova T.A., Danilov A.N., Spirin V.F. The influence of ergonomic factors on the formation of occupational health risk of agricultural machine operators. *Med. truda i prom. ekol.* 2019; 59 (7). http://dx doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-7-400-405

For correspondence: *Tamara A. Novikova,* Head of Department of Occupational Medicine, Saratov Central Research Institute, Cand. of Sci. (Biol.), Assoc. Prof. E-mail: NovikovaTA-saratov@yandex.ru

Funding. The study had no funding.

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

Введение. Профилактика «болезней, связанных с работой» является основным направлением политики Российской Федерации в области охраны здоровья работающего населения [1]. Наиболее остро данная проблема стоит в отношении работников аграрного сектора, среди которых 32,5% занято во вредных условиях труда, приводящих к развитию профессионально обусловленных и профессиональных заболеваний [2,3].

Ведущее место (56,3%) в структуре профессиональной заболеваемости работников аграрного сектора принадлежит механизаторам сельского хозяйства [4]. Согласно имеющимся в литературе данным, механизаторы в процессе трудовой деятельности подвергаются воздействию комплекса вредных факторов производственной среды и трудового процесса, являющихся факторами риска их здоровью. К ведущим из них относятся неблагоприятные микроклиматические условия, шум, общая и локальная вибрация, физические и эмоциональные нагрузки. При этом степень отклонения факторов от гигиенических нормативов в значительной мере зависит от технического состояния используемого машинно-тракторного парка, который в настоящее время на 70% представлен технологически устаревшими и физически изношенными тракторами и самоходными машинами старых образцов [5,6].

Согласно данным клиники профессиональных заболеваний Саратовского НИИ сельской гигиены, в нозологическом спектре накопленной профессиональной заболеваемости механизаторов первые ранговые места занимают вертеброневрологические заболевания (40,2%), в основном представленные пояснично-крестцовой радикулопатией [7,8]. Факторами риска развития данной патологии могут являться длительное выполнение работы в неудобной рабочей позе, динамическая физическая нагрузка, локальное мышечное перенапряжение [9]. В работах отечественных и зарубежных авторов показано, что указанные показатели трудового процесса в значительной мере определяются эргономическими факторами, характеризующимися степенью соответствия конструкций машин и организации рабочих мест размерам тела и психофизиологическим возможностям работающего человека [10–12]. Установление указанного соответствия обеспечивает рациональную рабочую позу, оптимальную физическую нагрузку, адекватную мобилизацию физиологических функций, устойчивую и высокую работоспособность работника без ущерба для его здоровья [13, 14]. Вместе с тем эргономические факторы условий труда механизаторов пока остаются малоизученными, что затрудняет разработку мер по профилактике профессиональной заболеваемости механизаторов сельского хозяйства и определяет актуальность настоящих исследований.

Цель исследования — оценка эргономических факторов условий труда на мобильной сельскохозяйственной технике и выявление их влияния на формирование нарушений здоровья механизаторов сельского хозяйства.

Материалы и методы. Проведены комплексные исследования эргономических факторов условий труда при эксплуатации тракторов и зерноуборочных комбайнов старых образцов отечественного производства, широко используемых в настоящее время в сельском хозяйстве. В соответствии с принятыми в производственной эргономике принципами и рекомендациями исследования включили оценку пространственной организации рабочих мест, биомеханический анализ рабочих поз и движений, изучение показателей функционального состояния механизаторов [15].

Для эргономической оценки были вычерчены схематические эскизы рабочих мест с изображением зон регламентированного стандартами расположения органов управления, зон их фактического расположения и границ моторного пространства механизаторов с антропометрическими данными для 5-го, 50-го и 95-го перцентилей в положении сидя. Числовые значения антропометрических признаков были получены в процессе антропометрических исследований, проведенных в профессиональной группе мужчин-механизаторов сельского хозяйства русской национальности, численностью 663 человека, в возрасте 18–59 лет со стажем работы в профессии не менее трех лет. Для каждого антропометрического признака были вычислены среднее арифметическое значение признака (M), среднее квадратическое отклонение (δ), размах изменчивости признака в пределах 1–99-го и 5–95-го перцентилей, коэффициент асимметрии (γ_1) и коэффициент эксцессов (γ_2).

Временные, статодинамические и биомеханические характеристики рабочих поз и движений (усилия, частота, диапазон, траектория) были исследованы с помощью методов профессиографии, динамометрии и гониометрии [16]. Для оценки гониометрических характеристик были построены эпюры рабочих поз, проведена оценка рабочих углов в суставах, наклона корпуса и головы к вертикали на соответствие оптимальным значениям [15]. Всего проведено 9952 антропометрических, 1149 профессиографических и эргометрических исследований.

Физиологические исследования проведены в динамике рабочей смены в группе условно здоровых механизаторов численностью 130 человек, в возрасте 20–45 лет, со стажем работы в профессии не менее 3 лет. Использованы общепринятые в физиологии труда методы и тесты [17]. С учетом антропометрических данных обследованные бы-

ли разделены на три группы: первая — с длиной тела ниже средней (158,62–165,17 см), вторая — средней (165,18–174,17 см), третья — выше средней (174,18–180,72 см). Для оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы (ССС) регистрировались частота сердечных сокращений (ЧСС), систолическое и диастолическое артериальное давление (САД и ДАД), оценивались расчетные показатели гемодинамики — пульсовое давление (ПД), среднее динамическое давление (СДД), минутный объем крови (МОК), общее периферическое сопротивление сосудов движению крови (ОПС). Для оценки функционального состояния нервно-мышечного аппарата исследовались показатели силы и выносливости мышц кистей рук к статическому усилию и сенсомоторная координация движений. В соответствии с требованиями биомедицинской этики от всех обследованных было получено информированное согласие на участие в исследовании. Всего выполнено 5554 измерения. Статистическая обработка результатов исследований выполнена с применением программных приложений Mcrosoft Office–2007 (MS Excel–07) и программы Statistica 10.0. Достоверность различий уровней показателей в группах определялась по U критерию Манна-Уитни. Различия считались статистически значимыми при $p<0,05$.

Результаты и обсуждение. Установлено, что кабины обследованной техники не полной мере соответствуют предъявляемым к ним требованиям стандартов (табл. 1).

Таблица 1 / Table 1

Габаритные параметры кабин, мм
Dimensions of the cabin, mm

Параметр	Тракторы	Зерноуборочные комбайны	Допустимое значение
Высота, мм	1400**	1600–1730	*
Ширина, мм	1250	1200–1050**	1250
Глубина, мм	1500	1360–1400**	1500
Объем, м^3	2,63**	2,44–2,87**	3,0
Площадь, м^2	1,8**	1,43–1,68**	1,95

Примечания: * — 1500 для тракторов, 1600 — для зерноуборочных комбайнов; ** — несоответствие регламентированным значениям.

Notes: * — 1500 for tractors, 1600 — for combine harvesters; ** — non-compliance with the regulated values.

Из этих данных следует, что на тракторах занижена высота кабин, на зерноуборочных комбайнах недостаточны их ширина и глубина. Это приводит к снижению площади и объема кабин и уменьшению рабочего пространства, нарушает оптимальность пространственного соотношения элементов рабочего места, способствуя поддержанию неудобной рабочей позы и ограничению рабочих движений.

Согласно эргономическим требованиям, конструкция рабочего сиденья должна обеспечивать удобную рабочую позу, свободное перемещение корпуса и конечностей относительно друг друга, создавать надежную опору позвоночнику и костям таза с сохранением естественных изгибов позвоночника. Сиденье должно иметь подлокотники, регулировку подушки по высоте и спинки по высоте и углу наклона. Соблюдение указанных требований создает условия для оптимальной нагрузки на костно-мышечную систему, обеспечивает отсутствие статического напряжения на мышцы спины, нормальное функционирование систем организма и предупреждение раннего развития общего утомления [15].

На обследованных тракторах (ДТ-75М, ДТ-176С «Волгарь») установлено подрессоренное рабочее сиденье, регулируемое по массе и росту оператора (±40 мм) и в переднезаднем направлении (±75 мм), с подвеской параллельного типа и гидравлическим амортизатором для гашения колебаний, с мягкой подушкой и спинкой, регулируемым углом наклона к вертикали от 0 до 20°, имеются подлокотники. Обследованные комбайны (СК-5 «Нива», РСМ-10 «Дон-1500, «Дон-1200») оборудованы амортизированным, регулируемым по высоте (±40 мм) и в продольном направлении (±75 мм) сиденьем с мягкой подушкой и спинкой, не регулируемой по углу наклона. Несоответствием рабочих сидений требованиям безопасности является отсутствие на всей обследованной технике профилировки элементов сидений. На комбайнах спинка сидения не имеет регулировки, отсутствуют подлокотники.

Эргономическая оценка позволила выявить несоответствия размеров элементов рабочих сидений антропометрическим данным механизаторов. Из представленных в таблице 2 данных следует, что на всей исследуемой технике размеры подушки и спинки сидений не соответствуют эргономическим требованиям. Это вынуждает механизаторов работать, сместившись на передней поверхности сиденья, что ведет к затруднению использования спинки сиденья в качестве опоры, сдавливанию нижней поверхности бедер, что может приводить к нарушению кровообращения в нижних конечностях. Заниженная высота поверхности сидений на тракторах обусловливает сокращение угла в тазобедренных суставах.

Согласно эргономическим требованиям, органы ручного управления в среднем по регулировкам положении должны быть сгруппированы в моторном пространстве в пределах минимальной и максимальной досягаемости рук механизаторов, составляющих, согласно результатам антропометрических исследований, 438 мм и 737 мм соответственно для 50-го перцентиля. При этом органы ручного управления постоянного пользования должны быть размещены в зоне оптимальной досягаемости рук, расположенной по средней линии от минимальной и максимальной передней досягаемости рук по горизонтали ±100 мм. Часто используемые органы управления должны располагаться между границами минимальной и максимальной досягаемости моторного пространства. Фактически за пределами оптимальной досягаемости на тракторах расположены рукоятки рычагов постоянного (механизма поворота) и частого пользования (переключения коробки передач); на комбайнах СК–5М — рулевое колесо и рычаги гидросистемы, являющиеся рычагами постоянного пользования.

Органы управления редкого и периодического пользования могут находиться в пределах максимальной передней досягаемости. Их высота над уровнем пола должна быть не менее 360 мм, соответствуя границе нижней досягаемости рук механизаторов для 50-го перцентиля. Однако на обследуемой технике большинство рычагов редкого и периодического пользования находятся за пределами досягаемости рук механизаторов. Педали должны быть расположены в оптимальной зоне действия ног или зоне их досягаемости, составляющей, согласно результатам антропометрических исследований, 730 мм. На исследуемых тракторах и комбайнах педали находятся за пределами этой зоны. Согласно данным биомеханики, максимальное усилие ногой развивается при положении опорной площадки не далее 100 мм от медиальной линии тела, так как движения ноги в этой зоне наиболее эффективны и наименее утомительны [16]. На тракторах педали удалены от указанной линии на 220–280 мм, на комбайнах — на 180–420 мм.

Расположение органов ручного и ножного управления за пределами регламентированного расположения и досягаемости рук и ног вынуждает механизаторов принимать ра-

бочую позу с наклоном корпуса вперед и отклонением рабочих углов в суставах от оптимальных значений (табл. 3).

Поскольку основная сенсорная зона при работе на сельскохозяйственной технике находится вне кабины, существенную роль для формирования рабочей позы механизатора приобретает состояние обзорности. Было установлено, что вертикальные углы обзора через переднюю часть лобового стекла на всех исследуемых тракторах и комбайнах меньше допустимых [9]. Стремясь улучшить обзор, механизаторы принимают позу с наклоном корпуса и головы вперед с фиксацией взгляда на низко расположенных объектах наблюдения. Согласно эргономической биомеханике, поза без поддержки для спины неудобна и утомительна, ее поддержание требует включения в работу большого числа мышц в статическом режиме. При позе сидя с наклоном корпуса вперед и фиксацией взгляда на низко расположенных объектах возникают моменты силы тяжести головы относительно шейных позвонков и верхней части тела от-

Таблица 2 / Table 2

Соответствие эргономических параметров рабочих мест антропометрическим данным механизаторов
Compliance of ergonomic parameters of workplaces with anthropometric data of machine operators

Параметр рабочего сиденья, мм	Марка техники	Фактическое значение, мм	Определяющий антропометрический признак, мм
Высота поверхности регулируемая	ДТ–75М ДТ–175С СК–5М РСМ–10	400±40* 400±40* 440±40 440±40	390–464 — высота подколенного угла над полом для 5–95-го перцентилей (δ=2,84)
Ширина подушки	ДТ–75М ДТ–175С СК–5М РСМ–10	460* 460* 400* 450*	406+100 — наибольшая ширина таза в положении сидя для 95-го перцентиля (δ=2,71)
Глубина подушки	ДТ–75М ДТ–175С СК–5М РСМ–10	410* 410* 400* 400*	335 — 2/3 значения признака спинка сиденья — подколенный угол для 50-го перцентиля (δ =2,84)
Высота спинки	ДТ–75М ДТ–175С СК–5М РСМ–10	370* 370* 330* 370*	538 — высота нижнего угла лопатки над сиденьем для 95-го перцентиля (δ=2,61)
Граница расположения органов постоянного пользования	ДТ–75М ДТ–175С СК–5М РСМ–10	880* 880* 710* 520	438±100 — спинка сиденья — фаланговая III точки руки, согнутой под углом 90° (минимальная передняя досягаемость) для 50-го перцентиля (δ=3,24)
Граница расположения органов редкого и периодического пользования	ДТ–75М ДТ–175С СК–5М РСМ–10	870* 870* 900* 910*	737±100 — спинка сиденья — фаланговая III точки руки, вытянутой вперед (максимальная передняя досягаемость) для 50-го перцентиля (δ=3,24)
Расположение органов управления над полом	ДТ–75М ДТ–175С СК–5М РСМ–10	270* 270* 190* 240*	360 — высота пальцевой III точки руки, опущенной вниз (нижняя граница досягаемости) для 50-го перцентиля (δ=3,12)
Оптимальная досягаемость ног	ДТ–75М ДТ–175С СК–5М РСМ–10	910* 910* 820* 830*	730 — Спинка сиденья — конечная точка стопы для 50-го перцентиля (δ=4,98)

Примечание. * — несоответствие допустимым значениям
Note. * — discrepancy of the valid values.

Таблица 3 / Table 3

Гониометрические характеристики рабочих поз механизаторов
Goniometric characteristics of working positions of machine operators

Наименование угла	Марка техники				Оптимальное, °
	ДТ-175С	ДТ 75	РСМ-10	СК-5М	
	Значение угла, °				
Наклон корпуса	12,01±1,81* вперед	8,1±4,63* вперед	4,81±2,81* вперед	2,0,8±1,01 * вперед	10 назад
Тазобедренный сустав	78,17±1,48*	68,21±2,07*	70,8±1,94*	86,29±1,72*	85–100
Локтевой сустав	165,41±5,0 *	142,1±4,68*	158,42±4,02*	120,28±4,71	90–145
Коленный сустав	102,94±1,84*	112,4±1,37	118,31±1,37	94,41±1,02*	110–120

Примечание: * — несоответствие оптимальным значениям.
Note: * — discrepancy of the optimal values.

носительно поясничной области. При этом увеличивается нагрузка на мышцы-разгибатели шеи и позвоночника, что приводит к их раннему утомлению, переутомлению и появлению болевых ощущений. Возрастают силы, действующие на пояснично-крестцовое сочленение, нарушается естественная кривизна позвоночника в поясничной части, увеличивается нагрузка на межпозвоночные диски. Чрезмерное увеличение внутридискового давления приводит к преждевременной деградации дисков, следствием которой является развитие патологических состояний позвоночника и связочного аппарата [10,16,18]. Хронометражные исследования в производственных условиях показали, что при работе на тракторе механизатор для обзора прицепных орудий через заднее окно кабины был вынужден периодически (до 13 раз за час работы) принимать ассиметричную позу с разворотом корпуса вправо. Такая поза характеризовалась разворотом плечевого пояса (от 5° до 38°), возникновением углов бокового наклона плечевого пояса и таза к горизонтали, появлению компенсаторного сколиоза позвоночника в шейном и грудном отделах.

Отрицательное влияние нерационального расположения органов управления усугубляется высоким темпом рабочих движений. По результатам хронометражных исследований, при работе на гусеничном тракторе средняя частота манипуляций рычагами за 1 час работы достигала 980, педалями — 495 движений. Фактором, повышающим нагрузку на опорно-двигательный аппарат, явилась чрезмерная траектория хода отдельных рычагов, приводящая к глубоким (более 30 градусов) наклонам вперед с ротацией корпуса. Частота наклонов варьировалась от 100 до 300 за смену, что соответствует тяжелым условиям труда (класс 3.2). Важным фактором, формирующим тяжелые условия труда механизаторов, явились усилия, прилагаемые к органам управления при их переключении, в большинстве случаев превышающие допустимые значения. Длительность поддержания неудобной рабочей позы при выполнении основных видов полевых работ на обследованной технике составила 60–80% фактического рабочего времени, что оценено как вредные условия труда 2 степени (класс 3.2). Общая оценка тяжести трудового процесса механизаторов соответствует вредным условиям труда 3 степени (класс 3.3).

Неблагоприятное влияние неудобной рабочей позы и нерациональных движений при работе на мобильной сельскохозяйственной технике сочетается с воздействием превышающих ПДУ локальной и общей вибрации и микроклиматическим дискомфортом (повышенная температура, влажность и скорость движения воздуха) [5].

Физиологические исследования позволили установить зависимость изменений показателей функционального состояния организма от степени несоответствия организации рабочих мест антропометрическим данным. Более выраженные изменения наблюдались у механизаторов с антропометрическими данными ниже средних, у которых зарегистрировано достоверное увеличение частоты сердечных сокращений (ЧСС) к концу рабочего дня по сравнению с исходными значениями (p<0,01) при одновременном снижении артериального давления, минутного объема крови (МОК), периферического сопротивления (ПС) (p<0,05) на фоне повышения среднего гемодинамического давления (p<0,05), что свидетельствовало о значительном напряжении ССС.

Результаты изучения показателей динамометрии также позволили выявить более выраженные их изменения у механизаторов первой группы, у которых снижение силы и выносливости мышц кистей рук достигало 32,8% от исходного уровня (p<0,001), тогда как у механизаторов второй и третьей групп оно составило 14% (p<0,001) и 10% (p<0,001), соответственно. Исследование процесса сенсомоторной координации, оцениваемого по числу касаний и времени выполнения задания (координационного теста), также подтвердило выявленную зависимость. Замедление скорости двигательной реакции и уменьшение точности переработки информации к концу рабочего дня отмечались у всех обследованных, что могло свидетельствовать об ослаблении процесса возбуждения и состоянии растормаживания в двигательной зоне коры больших полушарий за счет уменьшения силы и степени концентрации нервных процессов. Наиболее ярко признаки утомления проявились у механизаторов с длиной тела ниже средней — число касаний увеличилось к концу рабочей смены на 46,09% (p<0,001), время выполнения теста на 28,71% (p<0,001), в то время как в группе механизаторов с длиной тела выше средней число касаний увеличилось на 27,50% (p<0,001), а время выполнения задания — на 14,1% (p<0,001).

Учитывая, что параметры производственной среды при проведении исследований были одинаковыми для всех обследованных, можно сделать вывод об определяющем влиянии эргономических факторов в развитии выявленных функциональных нарушений. Рассчитанный методом непараметрического однофакторного дисперсионного анализа показатель силы влияния (η^2) удаленности органов управления от зон досягаемости рук на показатели функционального состояния нервно-мышечной системы механизаторов (ошибки, время выполнения теста на координацию движений, силу и выносливость мышц кистей рук) колебался от 19% до 47%. Выявлена высокая степень корреляционной зависимости между неблагоприятными функциональными сдвигами нервно-мышечной системы и выраженностью несоответствия эргономических параметров антропометрическим размерам тела механизаторов (r=0,7).

Приоритетными мерами по профилактике профессиональной патологии позвоночника и связочного аппарата у механизаторов сельского хозяйства является эргономическая оптимизация рабочих мест — приведение параметров рабочих мест в соответствие с антропометрическими данными, регулировка сидения по высоте и в переднезаднем направлении с учетом индивидуальных размеров и массы тела работника, улучшение обзорности с рабочего места. В связи с тем, что полностью исключить вредное влияние эргономических факторов на современном этапе невозможно, особое значение приобретают превентивные технические, санитарно-гигиенические и медико-профилактические меры: производственный контроль соблюдения санитарных правил и выполнения санитарно-противоэпидемических мероприятий, рационализация режимов труда и отдыха, соблюдение сроков текущего и капитального ремонтов техники. Важная роль принадлежит проведению периодических медицинских осмотров, лечебно-профилактических и реабилитационных мероприятий.

Выводы:

1. Организация рабочих мест в кабинах тракторов и зерноуборочных комбайнов отечественных марок старых образцов не соответствует эргономическим требованиям: недостаточные размеры кабин, нерациональное рабочее сиденье, неудовлетворительное состояние обзорности, расположение органов управления за пределами досягаемости рук и ног механизаторов.

2. Несоответствие параметров рабочих мест антропометрическим данным механизаторов является при-

чиной формирования неудобной рабочей позы, увеличения статодинамической физической нагрузки, функциональных нарушений, которые могут явиться причинами развития патологических состояний позвоночника и связочного аппарата.

3. Эргономическая оптимизация рабочей позы и сенсомоторной деятельности механизаторов на основе учета антропометрических данных в организации рабочих мест является одной из приоритетных мер по оздоровлению условий труда и профилактике профессиональных заболеваний у механизаторов сельского хозяйства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Материалы заседания правительственной комиссии по вопросам охраны здоровья граждан. *Мед. труда и пром. экол.* 2014; 7: 1–19

2. *Труд и занятость в России*. 2017: Стат.сб. Росстат. Т. 78. М.; 2017. http://www. gks.ru/free_doc/doc_2017/trud_2017.pdf.

3. Попова А.Ю. Проблемы и тенденции профессиональной заболеваемости работников сельского хозяйства Российской Федерации. *Здоровье населения и среда обитания*. 2016; 9: 4–9.

4. Данилов А.Н., Безрукова Г.А., Новикова Т.А. Медико-гигиенические аспекты сохранения трудового потенциала работников сельского хозяйства. В сб.: «*Мат. респуб. науч.-практ. конф. с межд.уч.«Здоровье и окр. среда»*. Минск, РНМБ. 2017; 1: 127–30.

5. Новикова Т.А., Спирин В.Ф., Данилов А.Н. *Гигиена труда и профилактика профессиональной заболеваемости механизаторов сельского хозяйства*. Саратов: Амирит; 2018.

6. Новикова Т.А., Райкин С.С., Новикова В.С. Субъективная оценка влияния социально-гигиенических факторов на формирование здоровья работников сельского хозяйства. *Мед. труда и пром. экол*. 2017; 9: 141–2.

7. Безрукова Г.А., Новикова Т.А. и др. Заболевания периферической нервной системы, ассоциированные с условиями труда, в профессии тракторист-машинист сельскохозяйственного производства. *Мед. труда и пром. экол*. 2015; 9: 33

8. Меденцов В.А. и др. Эффективность остеопатического лечения механизаторов с профессиональной пояснично-крестцовой радикулопатией. *Мануальная терапия*. 2014; 4 (56): 32–8.

9. Данилов А.Н., Безрукова Г.А., Новикова Т.А. Тяжесть трудового процесса как детерминанта профессионального риска здоровью работников сельского хозяйства. *Мед. труда и пром. экол*. 2017; 9: 59

10. Горшков С.И. *Производственная эргономика*. М.: Медицина; 1979.

11. Casey S.M. Anthropometry of Farm Equipment Operators. *Human Factors Society Bulletin.* 1989; 11: 1–16.

12. Barello A., Fubini E., Salis N. Etude ergonomique des sieges pour personnes agees. *Biometrie Humain et anthropologic*. 2000; 18 (1–2): 1–7.

13. Anderson G.B. *Low Back Pain. Occupational Ergonomics: Work Related Upper Limb and Back Disorders.* Amerikan Industrial Hygiene Association. San Diego Section. San Diego; 1991.

14. Рабцевич А.А., Радкевич М.С. Эргономика и ее значение для оптимизации трудовой деятельности человека. *Молодой ученый*. 2014$ 5: 306–07. https://moluch.ru/archive/64/10404/.

15. Эргономика: принципы и рекомендации: Методическое руководство. Изд. 2-е, перераб. М.: ВНИИТЭ; 1981.

16. Аруин А.С., Зациорский В.М. *Эргономическая биомеханика*. М.: Медицина; 1989.

17. Горшков С.И., Золина З.М., Мойкин Ю.В. *Методики исследований в физиологии труда*. М.: Медицина; 1974.

18. Brincmann P. Pathology of the vertebral column. *Ergonomics.* 1985; 28 (1): 46.3.

19. Шеррер Ж. *Физиология труда (эргономика)*. М.: Медицина; 1973.

REFERENCES

1. Materials of the meeting of the government commission on the protection of public health. *Med. truda i prom. ekol.* 2014; (7): 1–19 (in Russian).

2. Labor and employment in Russia. 2017: Stat.sb. Rosstat. T. 78. M., 2017. URL: http://www.gks.ru/free_doc/doc_2017/trud_2017.pdf (in Russian).

3. Popova A.Yu. Problems and trends in occupational morbidity of agricultural workers in the Russian Federation. *Zdorov'ye naseleniya i sreda obitaniya*. 2016; (9): 4–9 (in Russian).

4. Danilov A.N. , Bezrukova G.A. et al. Medical and hygienic aspects of preserving the labor potential of agricultural workers. *Sb. mat. respub. nauch.-prakt. konf. s mezhd. Uch. Zdorov'ye i okruzhayushchaya sreda.* Minsk: RNMB, 2017; 1: 127–30 (in Russian).

5. Novikova T.A., Spirin V.F., Danilov A.N. *Occupational health and prevention of occupational morbidity among agricultural machine operators. Saratov*: Amirit; 2018 (in Russian).

6. Novikova T.A., Raykin S.S., Novikova V.S. Subjective assessment of the impact of socio-hygienic factors on the formation of the health of agricultural workers. *Med. truda i prom. ekol.* 2017; (9): 141–2 (in Russian).

7. Bezrukova G.A., Novikova T.A.et al. Peripheral nervous system diseases associated with working conditions in the profession of an operator-driver of agricultural production. *Med. truda i prom. ekol.* 2015; (9): 33 (in Russian).

8. Medentsov V.A. et al. The effectiveness of osteopathic treatment of mechanization with professional lumbosacral radiculopathy. *Manual'naya terapiya.* 2014; 4 (56): 32–8 (in Russian).

9. Danilov A.N., Bezrukova G.A., Novikova T.A. The severity of the work process as a determinant of occupational risk to the health of agricultural workers. *Med. truda i prom. ekol.* 2017; (9): 59 (in Russian).

10. Gorshkov S.I. *Industrial ergonomics.* M.: Meditsina; 1979 (in Russian).

11. Casey S.M. Anthropometry of Farm Equipment Operators. *Human Factors Society Bulletin.* 1989; 11: 1–16.

12. Barello A., Fubini E., Salis N. Etude ergonomique des sieges pour personnes agees. *Biometrie Humain et anthropologic*. 2000; 18 (1–2): 1–7.

13. Anderson G.B. *Low Back Pain. Occupational Ergonomics: Work Related Upper Limb and Back Disorders.* Amerikan Industrial Hygiene Association. San Diego Section. San Diego; 1991.

14. Rabtsevich A. A., Radkevich M. S. Ergonomics and its importance for the optimization of human labor. *Molodoy uchenyy.* 2014; (5): 306–7. https://moluch.ru/archive/64/10404/.

15. *Ergonomics: principles and recommendations: Methodical manual.* zd. 2-e, pererab. M.: VNIITE; 1981 (in Russian).

16. Aruin A.S., Zatsiorskiy V.M. *Ergonomic biomechanics.* M.: Meditsina; 1989 (in Russian).

17. Gorshkov S.I., Zolina Z.M., Moykin Yu.V. *Research techniques in the physiology of labor*. M.: Meditsina; 1974 (in Russian).

18. Brincmann P. Pathology of the vertebral column. *Ergonomics.* 1985; 28 (1): 46.3.

19. Sherrer Z.H. *Physiology of Labor (ergonomics).* M.: Meditsina; 1973 (in Russian).

Дата поступления / Received: 12.04.2019
Дата принятия к печати / Accepted: 28.06.2019
Дата публикации / Published: 24.07.2019

Оригинальная статья

DOI: http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-7-406-411

УДК 613.632: 669.71.7 (571.5)

© Коллектив авторов, 2019

Мещакова Н.М., Меринов А.В., Шаяхметов С.Ф., Лисецкая Л.Г.

Оценка экспозиционных нагрузок химическими веществами у работников основных профессий алюминиевого производства Восточной Сибири

ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований», мкрн 12а, 3, Иркутская обл., г. Ангарск, Россия, 665827

Введение. В производстве алюминия одним из основных неблагоприятных факторов является загрязнение воздуха рабочей зоны фторсодержащими соединениями и пылегазоаэрозольной смесью, воздействие которых может приводить к нарушениям здоровья у работающих. При установлении связи заболеваемости с профессией важным является проведение оценки экспозиционных нагрузок вредными веществами. Данный аспект исследований в алюминиевой промышленности недостаточно освещен в литературе.

Цель исследования — количественная оценка экспозиционных нагрузок приоритетными токсикантами у работников основных профессий алюминиевого производства в зависимости от применяемых технологий электролиза алюминия.

Материалы и методы. Экспозиционные нагрузки (ЭН) химическими веществами у работников алюминиевого производства рассчитывались с учетом данных многолетней оценки воздуха рабочей зоны на содержание основных вредных веществ при технологии самообжигающихся анодов (ТСА) и модернизированной — с применением технологии предварительно обожженных анодов (ТПОА).

Результаты. Установлено, что при использовании традиционной технологии электролиза (ТСА) среднегодовые показатели ЭН в профессиях электролизника, анодчика и машиниста крана заметно колебались в динамике многолетнего наблюдения, превышая показатели контрольных ЭН. Выявлено, что модернизированная технология электролиза (ТПОА) позволяет снизить показатели ЭН химическими веществами, за исключением гидрофторида — одного из приоритетных компонентов химического фактора. Показатели фактических ЭН гидрофторидом в профессиональных группах не зависели от применяемых технологий электролиза и, по-прежнему, превышали показатели контрольных ЭН.

Выводы. *Расчеты ЭН вредными веществами в производстве алюминия показали, что при использовании ТСА наибольшие ЭН, превышающие контрольные показатели, испытывают электролизники и анодчики, а наименьшие — машинисты крана. Переход на модернизированную ТПОА приводит к снижению показателей ЭН, за исключением гидрофторида — приоритетного компонента химического фактора.*

Ключевые слова: *производство алюминия; воздух рабочей зоны; экспозиционные нагрузки химическими веществами*

Для цитирования: Мещакова Н.М., Меринов А.В., Шаяхметов С.Ф., Лисецкая Л.Г. Оценка экспозиционных нагрузок химическими веществами у работников основных профессий алюминиевого производства Восточной Сибири. *Мед. труда и пром. экол.* 2019; 59 (7). http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-7-406-411

Для корреспонденции: *Мещакова Нина Михайловна,* ст. науч. сотр. лаб. эколого-гигиенических исследований ФГБНУ «ВСИМЭИ», д-р мед. наук, доц. E-mail: nina.meschakova@yandex.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Nina M. Meshchakova, Alexey V. Merinov, Salim F. Shayakhmetov, Lyudmila G. Lisetskaya

Assessment of exposure loads of chemicals in workers of the main professions of aluminum production in Eastern Siberia

East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, 3, microdistrict 12a, Angarsk, Russia, 665827

Introduction. In the production of aluminum, one of the main adverse factors is the air pollution of the working area with fluorine-containing compounds and dust-gas-aerosol mixture, the impact of which can lead to health problems in workers. When establishing the connection of morbidity with the profession, it is important to assess the exposure loads of harmful substances. This aspect of research in the aluminum industry is not sufficiently covered in the literature.

The aim of the study is to quantify the exposure loads of priority toxicants in workers of the main professions of aluminum production, depending on the applied technologies of aluminum electrolysis.

Materials and methods. Exposure loads (EL) of chemicals at workers of aluminum production were calculated taking into account the data of a long-term assessment of the working area air for the content of the main harmful substances in workshops with technology of self-baking anode (TSA) and modernized using technology of prebaked anode (TPA).

Results. It has been established that with the use of the traditional electrolysis technology (TSA), the average annual EL indicators in the professions of the electrolysis cell, anodechik and crane operators fluctuated noticeably in the dynamics of long-term observation, exceeding the indicators of the control EL. It is shown that the modernized electrolysis technology (TPA) allows to reduce the EL indicators of chemicals, with the exception of hydrofluoride — one of the priority components of the chemical factor. The actual EL indicators of this substance in the professional groups did not depend on the applied electrolysis technology and, as before, exceeded the EL control indicators.

Conclusions: *Calculations of EL by harmful substances in the production of aluminum have shown that when using TSA, electrolysis cells and anodetes experience the greatest EL, exceeding control indicators, and the lowest — crane operators. The transition to*

a modernized TPA leads to a decrease in the EL indicators, with the exception of the hydrofluoride, a priority component of the chemical factor.

Key words: *aluminum production; working area air; exposure loads of chemical substances*

For citation: Meshchakova N.M., Merinov A.V., Shayakhmetov S.F., Lisetskaya L.G. Assessment of exposure loads of chemicals in workers of the main professions of aluminum production in Eastern Siberia. *Med truda i prom. ekol.* 2019; 59 (7). http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-7-406-411

For correspondence: *Nina M. Meshchakova,* PhD, Dr. Sci. (Med.), East Siberian Institute of medico-ecological researches. E-mail: nina.meschakova@yandex.ru.

***Funding*:** The study had no funding.

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

Введение. Алюминиевая промышленность является одной из ключевых и перспективных отраслей цветной металлургии Восточной Сибири, где в настоящее время функционируют крупнейшие предприятия отрасли. Из осуществляемых технологических процессов в производстве алюминия наиболее массовым и неблагоприятным с гигиенических позиций является процесс электролиза алюминия, представляющий собой электролитическое разложение глинозема (Al_2O_3), растворенного в электролите (расплавленный криолит — Na_3AlF_6 с различными солевыми добавками (AlF_3, NaF, CaF_2 и др.), при высокой температуре (950–965 °С) и силе постоянного тока от 30 до 350 кА.).

Несмотря на внедряемые мероприятия по экологической безопасности в отрасли, модернизацию процесса электролиза, условия труда в производстве алюминия до настоящего времени характеризуются комплексом неблагоприятных производственных факторов. Обширные исследования отечественных и зарубежных авторов свидетельствуют о значительном загрязнении воздуха рабочей зоны электролизных цехов пылегазоаэрозольной смесью, включающей гидрофторид, фториды, смолистые вещества, полициклические углеводороды и др., воздействие которых способно приводить к существенным нарушениям в состоянии здоровья работающих [1–9]. В этой связи, при изучении профессиональных рисков у работников алюминиевых производств, установлении связи заболеваемости с профессией важным является оценка экспозиционных нагрузок вредными веществами у работающих (т. е. получаемых доз или концентраций веществ за определенный период экспозиции). Данный аспект исследований в алюминиевой промышленности недостаточно освещен в литературе, имеются лишь отдельные исследования, касающиеся определения фтористых нагрузок для расчета вероятности сроков возникновения флюороза [10,11]. Указанные обстоятельства стали причиной проведения данных исследований.

Цель исследования — количественная оценка экспозиционных нагрузок приоритетными токсикантами у работников основных профессий алюминиевого производства в зависимости от используемых технологий электролиза алюминия.

Материалы и методы. Объектами исследований являлись электролизные цехи Иркутского алюминиевого завода. Экспозиционные нагрузки (ЭН) химическими веществами рассчитывались на основе многолетней ретроспективной оценки воздуха рабочей зоны электролизных цехов на содержание основных химических веществ. Оценка воздушной среды выполнялась по данным ведомственной химико-аналитической лаборатории предприятия и результатам собственных исследований. Определение гидрофторида (ПДК$_{сс}$ 0,1 мг/м^3), нерастворимых фторидов (ПДК$_{сс}$ 0,5 мг/м^3), триоксида диалюминия (ПДК$_{сс}$ 6,0 мг/м^3) и возгонов каменноугольных смол и пеков (ПДК$_{сс}$ возгонов — 0,2 мг/м^3 по среднему содержанию бензпирена менее 0,075%) в воздухе рабочей зоны проводилось фотометрическим методом [12–15].

При использовании технологии самообжигающихся анодов (ТСА) ЭН рассчитывались за длительный период времени (с 2001 по 2015 гг.) применительно к основным профессиональным группам работников (электролизники, анодчики, машинисты крана). При модернизированной технологии электролиза с применением предварительно обожженных анодов (ТПОА) расчет ЭН выполнялся за период с 2010 по 2015 гг. (когда была внедрена эта технология) применительно к двум профессиям — операторам по обслуживанию электролизных ванн и операторам по обслуживанию кранов (профессия анодчика при модернизированной технологии электролиза устранена). Исследования выполнялись на основе и методических рекомендаций, разработанных авторами [16–18]. Расчеты ЭН (фактических и контрольных) проводились в соответствии с Р 2.2.2006.05[1] с учетом объема легочной вентиляции в зависимости от категории тяжести труда, с использованием следующих формул:

$$ЭН_ф = C \times Q \times N/1000 \text{ (г)} \quad (1);$$

$$ЭН_к = ПДК_{сс} \times Q \times N/1000 \text{ (г)} \quad (2),$$

где: $ЭН_ф$ — фактическая экспозиционная нагрузка, г; $ЭН_К$ — контрольная экспозиционная нагрузка, г; С — средняя среднесменная концентрация химического вещества, мг/м^3; Q — объем вдыхаемого воздуха за смену (легочная вентиляция, м^3); N — число рабочих смен в году; ПДК$_{сс}$ — предельно-допустимая среднесменная концентрация химического вещества, мг/м^3.

Показатель легочной вентиляции для расчета ЭН принимался в зависимости от уровня энерготрат согласно СанПиН 2.2.4.3359-16[2]. При использовании ТСА для профессий электролизника и анодчика, у которых труд связан с постоянными передвижениями, периодическим подъемом тяжестей свыше 10 кг (категория работ III), он был равен 10 м^3, а при использовании модернизированной ТПОА для операторов по обслуживанию электролизных ванн, у которых труд связан с ходьбой, периодическим перемещением тяжестей до 5 кг и сопровождается умеренным физическим напряжением (категория работ IIб), — 7 м^3; для машинистов крана и оператора по обслуживанию кранов при обеих технологиях электролиза, у которых работа осуществляется в положении сидя и связана с незначительным физическим наряжением (категория работ Iа), — 4 м^3.

Статистическая обработка данных проведена с использованием пакета прикладных программ Statistica 6.1. Межгрупповое сравнение количественных показателей осуществлялось с использованием непараметрического

[1] Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. М.: ФЦ ГСЭН МЗ России, 2005.

[2] СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах». М., МЗ России; 2016.

критерия Манна-Уитни и t-критерия Стьюдента для независимых выборок. Различия считались статистически значимыми при $p<0,05$. Результаты представлены в виде среднего значения и стандартной ошибки.

Результаты. В электролизных цехах Иркутского алюминиевого завода при использовании ТСА основными профессиями являются: электролизник, анодчик, машинист крана. Электролизник осуществляет обслуживание электролизных ванн, выполняя различные операции: пробивку вручную корок электролита над расплавом, обрубку гарнисажей, гартование, подсыпку глинозема. Анодчик осуществляет загрузку анодной массы, перестановку штырей, обдувку оборудования. Машинист крана работает в кабине, управляя краном при различных грузоподъемных и транспортных операциях.

При использовании модернизированной ТПОА основными профессиями являются операторы автоматизированного процесса производства алюминия по обслуживанию электролизных ванн и операторы по обслуживанию крана. Операторы по обслуживанию электролизных ванн выполняют такие механизированные операции, как укрытие анодов, подсыпка глинозема, перетяжка анодных рам, замена анодов, выливка металла. Операторы по обслуживанию кранов выполняют те же операции, что и машинисты кранов, работающие при использовании ТСА.

Анализ многолетних данных, касающихся содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны электролизных цехов, показал, что наиболее существенный вклад в загрязнение воздушной среды производства вносят фторсодержащие соединения, диалюминий триоксид, возгоны смол и пеков. При использовании ТСА среднесменные концентрации на рабочих местах основных профессий колебались по гидрофториду в пределах от 0,16 до 0,25 мг/м^3, по нерастворимым фторидам — от 0,24 до 0,66 мг/м^3, по диалюминию триоксиду — от 3,4 до 5,4 мг/м^3, возгонам смол и пеку — от 0,17 до 0,25 мг/м^3. При модернизированной ТПОА уровни загрязнения воздуха вредными веществами были существенно ниже, чем при использовании ТСА (по большинству веществ — в пределах ПДК и ниже). Исключением являлся гидрофторид, концентрации которого не зависели от применяемых технологий электролиза и в течение всего периода наблюдения превышали допустимый уровень в среднем в 1,5–3 раза [7].

Следует отметить, что, помимо снижения концентраций большинства химических веществ в воздухе рабочей зоны, модернизированная ТПОА позволила снизить уровни шумо-вибрационного фактора, сократить долю ручного труда. Однако она не привела к нормализации показателей микроклимата, снижению уровней постоянных магнитных полей (ПМП), что, очевидно, связано с высокой мощностью новых электролизеров и недостаточной их теплоизоляцией [3,7].

В табл. 1 представлена динамика среднегодовых показателей ЭН химическими веществами по трем пятилетним периодам наблюдения при использовании ТСА. Установлено, что у электролизников показатели ЭН по гидрофториду статистически значимо повышались к 3-му пятилетнему периоду, а по триоксиду диалюминия отмечалась тенденция к снижению ЭН. По нерастворимым фторидам показатели в динамике наблюдения находились практически на одном уровне. Вместе с тем по возгонам смол и пеков показатели ЭН статистически значимо повышались во 2-й пятилетний период ($p<0,05$), после чего незначительно снижались.

У анодчиков показатели ЭН по гидрофториду в течение всех периодов наблюдения находились практически на одном уровне, а по нерастворимым фторидам отмечалось их статистически значимое снижение ко 2-му периоду наблюдений. В то же время, по триоксиду диалюминия и возгонам смол и пеков показатели ЭН статистически значимо повышались к 3-му периоду наблюдений.

У машинистов крана показатели ЭН по гидрофториду, триоксиду диалюминия статистически значимо возраста-

Таблица 1 / Table 1

Показатели среднегодовых экспозиционных нагрузок (ЭН) химическими веществами (г/год) у работников основных профессий по пятилетним периодам при использовании технологии ТСА, (*M*±*m*)
Indicators average annual exposure loads (EL) chemical substances (g/year) of workers of the main occupations for the five-year periods when using TSA, (*M*±*m*)

Химическое вещество	Годы		
	2001–2005 (I)	2006–2010 (II)	2011–2015 (III)
Электролизник			
Гидрофторид	0,40±0,01	0,37±0,07	0,56±0,05*
Фториды нерастворимые	0,99±0,23	1,4±0,4	1,3±0,2
Триоксид диалюминия	9,4±0,9	10,0±1,1	8,1±0,3
Возгоны смол и пеков	0,33±0,11	0,76±0,15*	0,53±0,07
Анодчик			
Гидрофторид	0,42±0,03	0,41±0,08	0,37±0,06
Фториды нерастворимые	1,4±0,04	0,69±0,12*	1,1±0,34
Триоксид диалюминия	8.8±0,6	14,4±4,1	11,0±0,5*
Возгоны смол и пеков	0,30±0,04	0,55±0,17	0,52±0,06*
Машинист крана			
Гидрофторид	0,19±0,02	0,31±0,04*	0,18±0,02
Фториды нерастворимые	0,53±0,06	0,36±0,02*	0,30±0,05*
Триоксид диалюминия	3,5±0,3	4,8±0,3*	4,9±0,2*
Возгоны смол и пеков	0,11±0,01	0,18±0,03	0,21±0,04

Примечание: * — достоверно значимые различия в показателях по сравнению с первым пятилетним периодом при $p<0,05$.
Note: * significant differences in performance compared to the first five-year period at $p<0.05$.

ли в динамике наблюдений (p<0,05), а по возгонам смол и пеков наблюдалась тенденция к их повышению. По нерастворимым фторидам установлено статистически значимое снижение показателей ЭН (p<0,05).

В табл. 2 отражены результаты сравнительной оценки показателей ЭН при использовании разных технологий электролиза за пятилетний период (2010–2014 гг.), когда была внедрена модернизированная ТПОА. Показано, что среднегодовые значения ЭН нерастворимыми фторидами, триоксидом диалюминия и возгонами смол и пеков у операторов по обслуживанию электролизных ванн при использовании модернизированной ТПОА были статистически значимо ниже, чем у электролизников, работающих с использованием ТСА. Однако относительно фтористого водорода не выявлено статистически значимых различий в показателях ЭН, хотя и наблюдалась тенденция к их снижению при использовании ТПОА.

У операторов по обслуживанию кранов при ТПОА среднегодовые ЭН за указанный период по гидрофториду, триоксиду диалюминия и возгонам смол и пеков были статистически значимо ниже, чем у машинистов крана при использовании ТСА, однако по нерастворимым фторидам наблюдалась лишь тенденция к снижению данных показателей.

В табл. 3 представлены показатели среднегодовых фактических и контрольных ЭН химическими веществами за 5-летний период при использовании ТСА и ТПОА. Установлено, что при использовании ТСА у работников всех профессиональных групп показатели фактических ЭН по гидрофториду были выше контрольной в 1,7–2,9 раза. У электролизников, помимо этого, наблюдалось превышение фактической ЭН по отношению к контрольной группе в 1,3 раза и по возгонам смол и пеков. По нерастворимым фторидам и триоксиду диалюминия сравниваемые показатели в профессиональных группах были либо на одном уровне с контрольными ЭН, либо ниже их.

При использовании модернизированной ТПОА у операторов по обслуживанию ванн и операторов по обслуживанию кранов фактические показатели ЭН по нерастворимым фторидам, триоксиду диалюминия и возгонам смол и пеков были ниже контрольных в 1,4–9 раз. Однако следует отметить, что по гидрофториду фактические ЭН у операторов указанных профессий продолжали оставаться выше контрольных в 1,8–2,9 раза.

Обсуждение. Таким образом, традиционная технология (ТСА) сопровождается значительным загрязнением воздуха рабочей зоны вредными веществами. Внедрение модернизированной ТПОА с оснащением электролизе-

Таблица 2 / Table 2

Сравнительная оценка показателей ЭН химическими веществами (г/год) в профессиональных группах при использовании ТСА и ТПОА (2010–2014 гг.)

Comparative performance evaluation of EL of chemical substances (g/year) in professional groups when using TSA and TPA (2010–2014)

Химическое вещество	Электролизник (ТСА)	Оператор по обслуживанию ванн (ТПОА)	Машинист крана (ТСА)	Оператор по обслуживанию крана (ТПОА)
Гидрофторид	0,54±0,06 2,7	0,38±0,03 1,9	0,18±0,01 0,88	0,16±0,02 0,78
Фториды нерастворимые	1,7±0,3 8,3	0,46±0,10* 2,3	0,35±0,02 1,7	0,09±0,01* 0,47
Триоксид диалюминия	8,4±0,1 41,9	3,0±0,7* 15,1	4,9±0,2 24,3	2,6±0,4* 12,8
Возгоны смол и пеков	0,61±0,1 3,0	0,08±0,01* 0,42	0,18±0,03 0,9	0,02±0,01* 0,12

Примечания: числитель — среднегодовые ЭН (г/год) (M±m); знаменатель — суммарные ЭН (г); * — различия статистически значимы при p<0,05.

Notes: numerator — mean annual EL (g/year) (M±m); denominator — total EL (g); * — differences are statistically significant at p<0.05.

Таблица 3 / Table 3

Показатели среднегодовых фактических и контрольных ЭН химическими веществами (г), при использовании ТСА и ТПОА

Indicators of average annual actual and control EL chemicals (g), using TSA and TPA

Профессия	Экспозиционные нагрузки, г/год							
	Гидрофторид		Фториды нерастворимые		Триоксид диалюминия		Возгоны смол и пеков	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Технология самообжигающихся анодов (ТСА)								
Электролизник	0,24	0,54	1,2	1,7	14,6	8,4	0,49	0,61
Анодчик	0,22	0,37	1,1	0,78	13,5	10,3	0,45	0,45
Машинист крана	0,09	0,18	0,45	0,35	5,4	4,9	0,18	0,18
Технология предварительно обожженных анодов (ТПОА)								
Оператор по обслуживанию ванн	0,13	0,38	0,64	0,46	7,7	3,0	0,26	0,08
Оператор по обслуживанию кранов	0,09	0,16	0,45	0,09	5,4	2,6	0,18	0,02

Примечания: 1 — $ЭН_{контрольная}$; 2 — $ЭН_{фактическая}$.

Notes: 1 — $EL_{control}$; 2 — El_{actual}.

ров более совершенными укрытиями пылегазоотсосов, позволяет не только улучшить технологические параметры элктролиза, но и снизить загрязнение воздуха рабочей зоны токсичными соединениями. Исключением является гидрофторид, концентрации которого в воздухе рабочей зоны не зависели от применяемых технологий, на что указывают результаты ранее проведенных нами исследований, а также данные других авторов [3,4,7]. Этот факт подтверждают и результаты настоящего исследования, указывающего на существенное снижение ЭН вредными веществами при переходе на модернизированную технологию электролиза алюминия, за исключением гидрофторида, по которому показатели ЭН не зависели от применяемых технологий и по-прежнему превышали контрольный уровень. Таким образом, модернизированная технология электролиза алюминия не обеспечивает радикального снижения в воздухе рабочей гидрофторида-ведущего вредного компонента химического фактора, что делает актуальной проблему дальнейшего совершенствования инженерных решений по эффективному снижению концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Полученные результаты по оценке ЭН вредными веществами в дальнейших исследованиях позволят более объективно оценивать профессиональные риски у работающих для установления связи заболеваемости с профессией и разработки эффективных мер по оптимизации условий труда и сохранению здоровья работающих.

Выводы:

1. Расчеты ЭН токсикантами в производстве алюминия за длительный период наблюдений при традиционной ТСА показали, что наибольшие ЭН испытывают электролизники и анодчики. Самые низкие показатели ЭН отмечались у крановщиков, у которых наблюдалась и постепенная тенденция к их снижению в течение многолетнего периода наблюдений.

2. Переход на новую модернизированную технологию электролиза алюминия с предварительно обожженными анодами (ТПОА) приводит к значительному снижению показателей ЭН вредными веществами, за исключением гидрофторида, одного из основных загрязнителей воздуха рабочей зоны, показатели ЭН которого не зависели от используемых технологий электролиза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рослый О.Ф., Лихачева Е.И., ред. *Медицина труда при электролитическом получении алюминия.* Екатеринбург: Екатеринбургский медицинский научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий; 2011.

2. Измеров Н.Ф., Бухтияров И.В., Прокопенко Л.В., Кузьмина Л.П., Соркина Н.С., Бурмистрова Т.Б. и др. Современные аспекты сохранения и укрепления здоровья работников, занятых на предприятиях по производству алюминия. *Мед. труда и пром. экол.* 2012; 11: 1–7.

3. Федорук А.А, Рослый О.Ф., Слышкина Т.В., Плотко Э.Г., Лемясев Л.Ф. Актуальные вопросы гигиены труда при эксплуатации сверхмощных электролизеров для получения алюминия. *Мед. труда и пром. экол.* 2012; 11: 13–7.

4. Калинина О.Л., Лахман О.Л., Зобнин Ю.В. Оценка условий труда основных профессий современного алюминиевого производства. *Сибирский медицинский журнал.* 2012; 6: 122–26.

5. Рослый О.Ф., Гурвич В.Б., Плотко Э.Г., Кузьмин С.В., Федорук А.А., Рослая Н.А. и др. Актуальные вопросы гигиены в алюминиевой промышленности России. *Мед. труда и пром. экол.* 2012; 11: 8–12.

6. Сюрин С.А. Состояние здоровья работников алюминиевой промышленности Европейского Севера России. *Гигиена и санитария.* 2015; 1: 58–72.

7. Шаяхметов С.Ф., Мещакова Н.М., Лисецкая Л.Г., Меринов А.В., Журба О.М., Алексеенко А.Н. и др. Гигиенические аспекты условий труда в современном производстве алюминия. *Гигиена и санитария.* 2018; 10: 899–904. DOI: 10.18821/0016-9900-2018-97-10-899-904.

8. Thomassen Y., Koch W., Dunkhorst W., Ellingsen D.G., Skaugset N.P., Jordbekken L. et al. Ultrafine particles at workplaces of a primary aluminium smelter. *J. Environ. Monit.* 2006; 8(1): 127–33 DOI 10.1039/B514939H.

9. Jelinic J.D., Nola I.A., Udovicic R., Ostoji´c D., Zuskin E. Exposure to chemical agents in aluminium potrooms. *Med Lav.* 2007; 98: 407–14.

10. Федорук А.А., Рослый О.Ф., Устьянцев С.Л., Слышкина Т.В., Зыкова В.А., Константинов А.В. и др. Профессиональные фтористые нагрузки электролизников при использовании фторированного глинозема в электролизе алюминия. *Уральский медицинский журнал.* 2007; S11: 44–7.

11. Захаренков В.В., Олещенко А.М., Суржиков Д.В., Данилов И.П., Кислицына В.В., Корсакова Т.Г. Определение вероятности нанесения ущерба здоровью работников алюминиевой промышленности в результате воздействия токсичных веществ. *Бюллетень ВСНЦ СО РАМН.* 2013; 3–2: 75–8.

12. МУК 4.1.1342–03. Измерение массовой концентрации гидрофторида (фтористого водорода) в воздухе рабочей зоны фотометрическим методом. В кн.: *Измерение концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Сборник методических указаний. Выпуск 40.* М: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора; 2006: 12–22.

13. МУ 2247–80. Методические указания на фотометрическое определение растворимых и нерастворимых в воде солей фтористоводородной кислоты в воздухе. В кн.: *Методические указания на определение вредных веществ в воздухе. Выпуск XVI.* М.: Министерство здравоохранения СССР; 1980: 169–76.

14. МУ 3110–84. Методические указания по раздельному фотометрическому измерению концентраций магния, алюминия и их окислов в воздухе рабочей зоны. В кн.: *Методические указания по измерению вредных веществ в воздухе. Выпуск XX.* М: Министерство здравоохранения СССР; 1984: 52–60.

15. МУ 5883–91. Методические указания по спектрометрическому измерению концентраций возгонов каменноугольных смол и пеков в воздухе рабочей зоны. В кн.: *Методические указания по измерению концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Выпуск 12 (переработанные и дополненные методические указания).* М: Информационно-издательский центр Госкомсанэпиднадзора Российской Федерации; 1994: 42–3.

16. Захаренков В.В., Олещенко А.М., Данилов И.П. Автоматизированная информационная система оценки профессионального риска для здоровья работников промышленных предприятий: медицинская технология. Новокузнецк; 2013.

17. Олещенко А.М., Суржиков Д.В., Большаков В.В., Кислицына В.В. Оценка влияния производственных факторов на здоровье работающих на предприятиях угольной промышленности и теплоэнергетики: методические рекомендации. Кемерово; 2003.

18. Мещакова Н.М., Дьякович М.П., Шаяхметов С.Ф. Оценка профессионального риска у работников химических производств с учетом экспозиционной токсической нагрузки: методические рекомендации. Иркутск: РИО НЦ РВХ СО РАМН; 2013.

REFERENCES

1. Roslyi O.F., Likhacheva Ye.L., eds. *Medicine of labor for electrolytic aluminum production.* Ekaterinburg: Ekaterinburgskiy meditsinskiy nauchnyy tsentr profilaktiki i okhrany zdorov'ya rabochikh prompredpriyatiy; 2011 (in Russian).

2. Izmerov N.F., Bukhtiyarov I.V., Prokopenko L.V., Kuzmina L.P., Sorkina N.S., Burmistrova T.B. et al. Contemporary aspects of maintenance and promotion of health of the workers employed at the aluminum production enterprises. *Med. truda i prom. ekol.* 2012; 11: 1–7 (in Russian).

3. Fedoruk AA., Rosly O.F., Slyshkina T.V., Plotko E.G., Lemyasev M.F. Issues of occupational health in the aluminium plant with superpower equipment. *Med. truda i prom. ekol.* 2012; 11: 13–7 (in Russian).

4. Kalinina O.L., Lakhman O.L., Zobnin Yu.V. Evaluation of the working conditions of the main occupations of the modern aluminic production. *Sibirskiy meditsinskiy zhurnal (Irkutsk).* 2012; 6: 122–6 (in Russian).

5. Roslyy O.F., Gurvich V.B., Plotko E.G., Kuz'min S.V., Fedoruk A.A., Roslaya N.A. et al. Emerging issues concerning hygiene in the Russian aluminum industry. *Med. truda i prom. ekol.* 2012; 11: 8–12 (in Russian).

6. Syurin S.A. Health state of aluminum industry workers in the European North of Russia. *Gigiena i sanitariya.* 2015; 1: 68–72 (in Russian).

7. Shayakhmetov S. F., Meshchakova N.M., Lisetskaya L.G., Merinov A.V., Zhurba O.M., Alekseenko A.N. et al. Hygienic aspects of working conditions in modern aluminum production. *Gigiena i sanitariya.* 2018; 10: 899–904 DOI: 10.18821/0016-9900-2018-97-10-899-904 (in Russian).

8. Thomassen Y., Koch W., Dunkhorst W., Ellingsen D.G., Skaugset N.P., Jordbekken L. et al. Ultrafine particles at workplaces of a primary aluminium smelter. *J. Environ. Monit.* 2006; 8(1): 127–33 DOI: 10.1039/B514939H.

9. Jelinic J.D., Nola I.A., Udovicic R., Ostoji´c D., Zuskin E. Exposure to chemical agents in aluminium potrooms. *Med Lav.* 2007; 98: 407–14.

10. Fedoruk AA., Rosly O.F., Ustiancev S.L., Slyshkina T.V., Zykova V.A., Konstantinov A.V. et al. Professional fluorine loads of electrolysiss at use of fluorinated aluminum in electrolysis of aluminum. *Ural'skiy meditsinskiy zhurnal.* 2007; S11: 44–7 (in Russian).

11. Zakharenkov V.V., Oleshchenko A.M., Surzhikov D.V., Danilov I.P., Kislitsyna V.V., Korsakova T.G. Determination of the probability of the damage to the health of workers in aluminium production due to the exposure to toxic substances. *Byulleten' VSNTs SO RAMN.* 2013; 3–2: 75–8 (in Russian).

12. MUK 4.1.1342–03. Measurement of the mass concentration of hydrofluoride (hydrogen fluoride) in the air of the working area by the photometric method. In: *Measurement of the concentration of harmful substances in the air of the working area. Collection of guidelines. Issue 40.* Moscow: Federal'nyy tsentr gigieny i epidemiologii Rospotrebnadzora; 2006: 12–22 (in Russian).

13. MU 2247–80. Guidelines for the photometric determination of soluble and water-insoluble salts of hydrofluoric acid in the air. In: *Guidelines for the determination of harmful substances in the air. Issue XVI.* Moscow: Ministerstvo zdravookhraneniya SSSR; 1980: 169–76 (in Russian).

14. MU 3110–84. Guidelines for the separate photometric measurement of the concentrations of magnesium, aluminum and their oxides in the air of the working area. In: *Guidelines for the measurement of harmful substances in the air. Issue XX.* Moscow: Ministerstvo zdravookhraneniya SSSR; 1984: 52–60 (in Russian).

15. MU 5883–91. Guidelines for the spectrometric measurement of the concentration of sublimates of coal tar and pitches in the air of the working area. In: *Guidelines for the measurement of concentrations of harmful substances in the air of the working area. Issue 12 (revised and updated guidelines).* Moscow: Informatsionnoizdatel'skiy tsentr Goskomsanepidnadzora Rossiyskoy Federatsii; 1994: 42–3 (in Russian).

16. Zakharenkov V.V., Oleschenko A.M., Danilov I.P. *Automated information system for assessing occupational risks for the health of industrial workers: medical technology.* Novokuznetsk; 2013 (in Russian).

17. Oleschenko A.M., Surzhikov D.V., Bolshakov V.V., Kislitsyna V.V. *Evaluation of the influence of production factors on the health of workers at coal and heat power plants*: methodological recommendations. Kemerovo; 2003 (in Russian).

18. Meshchakova N.M., Dyakovich M.P., Shayakhmetov S.F. *Assessment of occupational risk among workers in chemical production taking into account exposure toxic load: methodical recommendations.* Irkutsk: RIO NC RWH SB RAMS; 2013 (in Russian).

Дата поступления / Received: 31.10.2018
Дата принятия к печати / Accepted: 17.04.2019
Дата публикации / Published: 24.07.2019

Обзорная статья

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

DOI: http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-7-412-416

УДК 613.65

© Коллектив авторов, 2019

Орлов И.А.[1], Алисейчик А.П.[1], Меркулова А.Г.[2], Комарова С.В.[2], Белая О.В.[2], Грибков Д.А.[1], Подопросветов А.В.[1], Павловский В.Е.[1], Ефимов А.Р.[3], Бетц К.В.[2]

Актуальность использования промышленных экзоскелетов для снижения количества профессиональных заболеваний опорно-двигательного аппарата верхней части тела

[1]ФГУ «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша» РАН, Миусская пл., 4, Москва, Россия, 125047;
[2]ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова», пр-т Буденного, 31, Москва, Россия, 105275;
[3]Центр робототехники ПАО «Сбербанк», ул. Вавилова, 23/1, Москва, Россия, 117312

В различных отраслях экономики тяжелый физический труд остается ведущим фактором риска получения травм, развития профессиональных и производственно обусловленных заболеваний, в том числе опорно-двигательного аппарата. Значительная доля патологий приходится на заболевания скелетно-мышечной системы плечевого пояса, приводящие к временной утрате трудоспособности, потере рабочего времени и увеличению экономических расходов. Применение промышленных экзоскелетов позволит повысить уровень автоматизации производственных операций и является актуальным в отраслях, где работник — неотъемлемая часть трудового процесса. Внедрение промышленных экзоскелетов позволит снизить тяжесть труда путем оптимального перераспределения нагрузки на различные части опорно-двигательного аппарата. Промышленный экзоскелет представляет собой внешнюю механическую несущую конструкцию, которая прикрепляется к телу человека с помощью манжет и предназначена для ассистирования при выполнении производственных движений. Наиболее эффективными для разгрузки мышц верхней части тела работника являются промышленные экзоскелеты, направленные на удержание тяжелого инструмента и поддержание оптимальной рабочей позы. Большинство доступных промышленных экзоскелетов, прошедших испытания на предприятиях, являются пассивными, в перспективе необходима разработка легких мобильных активных экзоскелетов с габаритами, оптимальными для рабочего пространства. Актуальным направлением исследований является обоснование и разработка требований к конструкции промышленных экзоскелетов, стандартизированных критериев и методов оценки их безопасности и эффективности защиты работника от воздействия физических перегрузок, являющихся вредным производственным фактором.

Ключевые слова: *профессиональные заболевания; опорно-двигательный аппарат; физический труд; промышленные экзоскелеты*

Для цитирования: Орлов И.А., Алисейчик А.П., Меркулова А.Г., Комарова С.В., Белая О.В., Грибков Д.А., Подопросветов А.В., Павловский В.Е., Ефимов А.Р., Бетц К.В. Актуальность использования промышленных экзоскелетов для снижения количества профессиональных заболеваний опорно-двигательного аппарата верхней части тела. *Мед. труда и пром. экол.* 2019; 59 (7). http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-7-412-416

Для корреспонденции: *Орлов Игорь Александрович*, науч. сотр., рук. лаб. бионической робототехники ФГУ «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша» РАН, канд. физ.-мат. наук. E-mail: i.orlov@keldysh.ru.

Финансирование. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №18–71–10112).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Igor A. Orlov[1], Anton P. Aliseychik[1], Anastasia G. Merkulova[2], Sofya V. Komarova[2], Olga V. Belaya[2], Dmitry A. Gribkov[1], Alexey V. Podoprosvetov[1], Vladimir E. Pavlovsky[1], Albert R. Efimov[3], Kristina V. Bets[2]

The relevance of the use of industrial exoskeletons to reduce the number of occupational diseases of the musculoskeletal system of the upper body

[1]Keldysh Institute of Applied Mathematics;4, Miusskaya sq., Moscow, 125047;
[2]Izmerov Research Institute of Occupational Health, 31, Budennogo Ave., Moscow, Russia, 105275;
[3]Sberbank Robotics Laboratory, 23/1, Vavilova str., Moscow, 117312

In various sectors of the economy, heavy physical labor remains a leading risk factor for injury, the development of occupational and occupational diseases, including musculoskeletal system. A significant proportion of pathologies are diseases of the musculoskeletal system of the shoulder girdle, leading to temporary disability, loss of working time and increased economic costs. The use of industrial exoskeletons will increase the level of automation of production operations and is relevant in industries where the employee is an integral part of the labor process. The introduction of industrial exoskeletons will reduce the burden of labor by optimal redistribution of load on various parts of the musculoskeletal system. The industrial

exoskeleton is an external mechanical support structure that attaches to the human body by means of cuffs and is designed to assist in performing production movements. The most effective for unloading the muscles of the upper body of the employee are industrial exoskeletons aimed at holding a heavy tool and maintaining an optimal working posture. Most of the available industrial exoskeletons tested at the enterprises are passive, in the future it is necessary to develop light mobile active exoskeletons with dimensions optimal for the working space. The actual direction of research is the substantiation and development of requirements for the design of industrial exoskeletons, standardized criteria and methods for assessing their safety and efficiency of protecting the employee from the effects of physical overload, which is a harmful production factor.
Key words: *occupational diseases; musculoskeletal system; physical labor; industrial exoskeletons*
For citation: Orlov I.A., Aliseychik A.P., Merkulova A.G., Komarova S.V., Belaya O.V., Gribkov D.A., Podoprosvetov A.V., Pavlovsky V.E., Efimov A.R., Betz K.V. The relevance of the use of industrial exoskeletons to reduce the number of occupational diseases of musculoskeletal system of the upper body. *Med. truda i prom. ekol.* 2019; 59 (7). http://dx. doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-7-412-416
For correspondence: *Igor A. Orlov,* research scientist, Head of bionic robotics laboratory of Keldysh Institute of Applied Mathematics, Cand. of Sci. (Mat.). E-mail: i. orlov@keldysh.ru
Funding: The study was performed by a grant of Russian scientific Foundation (project No. 18–71–10112).
Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

Скелетно-мышечные нарушения вследствие воздействия фактора тяжести трудового процесса являются наиболее часто встречающейся причиной профессиональной нетрудоспособности. Значимыми показателями данного фактора являются: подъем и перемещение тяжелых грузов, статические и динамические нагрузки, а также нерациональные рабочие позы и глубокие наклоны корпуса.

В настоящее время доля тяжелого физического труда в промышленной сфере постепенно сокращается. Тем не менее, еще существует ряд профессий, физический труд которых превышает допустимые гигиенические нормативы. Физические нагрузки, воздействующие на рабочих различных профессий, например, сборщиков, монтажников, строителей, грузчиков, бурильщиков, кузнецов, сварщиков, приводят к многочисленным травмам, профессиональным и производственно обусловленным заболеваниям опорно-двигательного аппарата (ОДА).

Следует отметить, что существенные величины показателей тяжести трудового процесса не только определяются характером труда, но и связаны с недостаточным учетом требований эргономики при конструировании производственного оборудования и организации рабочих мест.

По данным Европейского фонда улучшения условий жизни и труда [1], в странах ЕС наиболее распространенными факторами риска для здоровья работающих являются различные физические нагрузки, в том числе стереотипные движения рук, перенос тяжелых грузов, неудобные и вынужденные рабочие позы, которым подвергается около 61% работников. Наибольшему риску подвергаются работники физического труда в строительстве, сельском хозяйстве, промышленности, на транспорте и в здравоохранении. Стереотипные рабочие движения выполняют около 30% как мужчин, так и женщин в течение четверти или более рабочего времени, нагрузкам вследствие неудобной рабочей позы подвергаются более 30% и мужчин, и женщин. Следствием воздействия неблагоприятных факторов физического труда является развитие различных заболеваний скелетно-мышечной системы, в частности 43% работающих страдают от болей в спине, 42% — от мышечных болей в шее и плечевом поясе, 29% — от мышечных болей в ногах.

По данным Государственного доклада «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в РФ в 2017 году» [2], основная доля профессиональной патологии вследствие физических перегрузок и перенапряжения отдельных органов и систем принадлежит радикулопатиям различной локализации (поясничнокрестцовой, шейно-плечевой и др.) — 67,47%. На долю моно- и полинейропатий приходится 16,37%, периартрозов и деформирующих остеоартрозов — 7,89%, прочих заболеваний — 8,28%.

Наиболее высокие показатели профессиональной заболеваемости выявлены на предприятиях по добыче полезных ископаемых (56,13%), обрабатывающих производствах (14,84%), предприятиях сельского, лесного хозяйства, охоты, рыболовства и рыбоводства (10,14%), транспортировки и хранения (8,42%), строительства (7,36%) [3].

В ЕС порядка 44 млн рабочих подвержены заболеваниям скелетно-мышечной системы, что приводит к затратам порядка 240 млрд евро ежегодно [4]. Заболевания костно-мышечного аппарата плечевого пояса требуют длительного восстановительного периода, что приводит к потерям рабочего времени. В США травмы плеча приводят к потере 23 рабочих дней, в то время как травмы спины и травмы прочих локализаций — 7 и 9 дней соответственно [5].

Эксперты ВОЗ считают, что экономические потери «по причине проблем здоровья, связанных с работой» в большинстве стран мира составляют от 4 до 6% валового национального продукта. По оценке ФГБУ «ВНИИ труда» Минтруда России, экономические потери России по причине неудовлетворительного состояния условий и охраны труда работников составляют ежегодно около 1,94 трлн рублей, или 4,3% валового внутреннего продукта. Общие потери складываются из прямых и косвенных потерь фонда рабочего времени, составляющих свыше 75%, а также расходов Фонда социального страхования РФ, Пенсионного и др. [6].

Фактические расходы на компенсации работникам, занятым на работах во вредных и (или) опасных условиях труда на крупных, средних и выборочно малых предприятиях, в 2016 году по данным Росстата составили 193,4 млрд рублей, включая расходы на проведение медицинских осмотров и приобретение средств индивидуальной защиты. При этом величина фактических расходов на компенсации, проведение медицинских осмотров и приобретение средств индивидуальной защиты постоянно увеличивается [7].

Применение автоматических устройств, предназначенных для осуществления производственных операций, является современным способом минимизации риска развития профессиональных заболеваний ОДА и потерь от несчастных случаев, причиной которых является человеческий фактор. Однако полная автоматизация производства является дорогим решением и не всегда возможна, а также не может быть применима в технологических операциях, в которых необходима гибкость рабочих операций и принятия решений.

Рисунок. Классификация экзоскелетов
Figure. Classification of exoskeletons

Основным преимуществом экзоскелетов перед роботизированными системами является совмещение творческих способностей и гибкости мышления человека с механическими возможностями технического устройства [8].

Экзоскелетом называется внешняя механическая несущая конструкция, которая прикрепляется к телу человека с помощью манжет [9]. На рисунке представлена существующая классификация экзоскелетов по областям применения и основным параметрам.

Экзоскелеты могут быть целыми или суставными (нижние или верхние конечности, корпус, предплечье, плечо, локоть и т. д.). Они также могут быть мягкими или жесткими, в зависимости от передачи усилия к человеку. Жесткие устройства включают в себя сплошную раму и жесткие структуры. Мягкие устройства более легкие, с мягким интерфейсом взаимодействия «human-device», включающим гибкий текстиль [9].

Разделение экзоскелетов на активные и пассивные предполагает, что активное устройство приводится в движение приводами, такими как электродвигатели, пневматические и гидравлические устройства, рычажные механизмы или другими типами приводов, например, искусственными мышцами. Пассивные вспомогательные устройства не включают в себя приводы. Для них характерно, что помимо перераспределения нагрузки естественные движения человека создают энергию, передающуюся на детали экзоскелета, пружины или демпферы, приводящие устройство в движение [9].

К проблематике медицины труда относится вопрос разработки промышленных экзоскелетов и обоснование медико-биологических требований к их применению. При промышленном применении экзоскелетов важна возможность ассистирования движений, когда инициатором движения является человек, а также их эффективность с точки зрения снижения уровня физической нагрузки на ОДА работника.

За последние несколько лет на мировом рынке появилось множество компаний, предлагающих свои решения в области экзоскелетов: разработки ведутся в США, Японии, Южной Корее, странах Европы, а также в России. Эффективность применения экзоскелетов исследовалась в различных отраслях промышленности, где деятельность работников связана с высокими динамическими или статическими нагрузками, в частности, на автомобильном производстве и в строительных компаниях.

Наиболее эффективными для разгрузки мышц верхней части тела работника являются промышленные экзоскелеты, направленные на удержание тяжелого инструмента и поддержание рациональной рабочей позы. Для удержания инструмента используются экзоскелеты, сконструированные в виде подпружиненного плеча или механизированных перчаток (экзоперчатки). Экзоскелеты, поддерживающие правильную осанку, позволяют снизить нагрузку на мышцы спины и позвоночник при выполнении наклонов и подъемов.

Ниже рассмотрены основные особенности современных моделей активных и пассивных экзоскелетов верхних конечностей для их промышленного применения.

Пассивные экзоскелеты получили широкое распространение в промышленной сфере благодаря простоте конструкции. Современные модели экзоскелетов FLX Ergo-Skeleton (StrongArm Technologies, США) [10], ShoulderX (suitX, Великобритания) [11,12], Skelex (Skelex, Нидерланды) [13,14], Steadicam Fawcett Exovest (Tiffen, США) [15–17] Levitate Airframe (Levitate Technologies, США) [5,18] и др. направлены на ограничение движений, которые могут привести к травмам, компенсацию веса тяжелых предметов и снижению величины усилия, требуемого для удержания инструментов перед собой или над головой.

Стоит отметить, что биомеханические исследования эффективности применения отдельных моделей экзоскелетов [19] показывают не только снижение активности мышц при поднятии, опускании и перестановке груза, но и повышение активности мышц-антагонистов, нагрузки на сердечно-сосудистую систему и изменения в кинематике верхних конечностей, что указывает на несовершенство конструкций экзоскелетов и необходимость их оптимизации.

Активные промышленные экзоскелеты, такие как Muscle suit (Innophys, Япония) [20], Stuttgart Exo-Jacket (Future Work Lab, Германия) [21], являются перспективной отраслью разработки из-за большого числа рабочих, имеющих дело с постоянными поднятиями и переносами тяжелых предметов. Однако главным препятствием на пути распространения экзоскелетов данного типа является необходимость автономности конструкции для обеспечения свободного перемещения человека на предприятии, что значительно усложняет проектирование экзоскелета и приводит к увеличению его массы.

В последние годы разработка экзоскелетов является активно развивающейся тематикой. Однако современное состояние рассматриваемой области далеко от совершенства [21]. Актуально совершенствование существующих разра-

Таблица 1 / Table 1

Факторы интерфейса взаимодействия пользователя с экзоскелетом
Factors of the interface user interaction with the exoskeleton

Тип фактора	Область воздействия	Проблема
pHRI-факторы	Используются для определения пригодности экзоскелетов и определяются кинематическими критериями экзоскелетов	Ограничение движения в рабочем пространстве; требования к точной подстройке под операторов разной комплекции; ограничение на мобильность и дискомфорт при движении
cHRI-факторы	Используются для оценки взаимодействия пользователя с экзоскелетом с точки зрения интерфейса «человек-машина»	Создание интуитивно понятных систем управления; индивидуальная оптимизация параметров управления под конкретного оператора для лучшего взаимодействия с экзоскелетом

Таблица 2 / Table 2

Достоинства и недостатки типов экзоскелетов
Advantages and disadvantages of exoskeleton types

Тип экзоскелета	Достоинства	Недостатки
Пассивный	Легкая разработка; повышенная мобильность; не зависит от источников внешнего питания; небольшая масса конструкции; высокая надежность; низкая стоимость устройства и его обслуживания; учтен механизм формирования биологической обратной связи	Снижена способность уменьшения усилия для работы с тяжелыми предметами; невозможность использования при отсутствии остаточной силы мышц; невозможность программирования; относительно низкая скорость перемещения; индивидуальная необходимость в анатомической параметризации; движения с ограниченной амплитудой
Активный	Повышенная сила ассистирования; высокая скорость перемещения; значительное увеличение силы и амплитуды движений; регулируемость и возможность программирования позволяют выполнять большой объем работы	Тяжелый источник питания; отсутствие мобильности из-за проводов; зависимость от источников внешнего питания; массивность конструкции; зависимость от климатических условий; необходимость ремонта и обслуживания и привязанность к комплектующим; высокая стоимость

боток в части увеличения как pHRI-факторов («physical human robot interaction» — физическое взаимодействие человека с автоматическим манипулятором), так и cHRI-факторов («cognitive human robot interaction» — когнитивное взаимодействие человека с автоматическим манипулятором) носимых экзоскелетов, представленные в табл. 1. Данные направления исследований обусловлены отсутствием устоявшихся требований к конструкции, сложностью проектирования кинематики и сложностью реализации компактной и легкой конструкции экзоскелета [21].

Большинство доступных промышленных экзоскелетов, прошедших испытания на предприятиях, являются пассивными. Актуальной является разработка легких мобильных активных экзоскелетов, габариты которых оптимальны для рабочего пространства. На сегодняшний день не существует мобильных активных экзоскелетов верхних конечностей, удобных в использовании и обладающих достаточными по емкости аккумуляторами для обеспечения автономности работника. Сравнение активных и пассивных экзоскелетов см. в табл. 2.

Заключение. *Физический труд высокой интенсивности остается ведущим фактором риска развития профессиональных заболеваний ОДА плечевого пояса в различных сферах экономики, где работник является неотъемлемой частью трудового процесса. Применение промышленных экзоскелетов верхних конечностей, разработанных для ассистирования производственных движений, представляется перспективным способом снижения тяжести труда путем оптимального перераспределения нагрузки на различные части тела работающего, что будет способствовать повышению его работоспособности и позволит снизить экономические затраты на случаи ВУТ и травматизма на производстве, лечение профессиональных заболеваний. По своим возможностям обеспечения защиты работника от воздействия вредных производственных факторов, в частности физических перегрузок, промышленные экзоскелеты могут стать современным средством индивидуальной защиты, что требует дальнейшей разработки и внедрения стандартизированных критериев и методов оценки их безопасности и эффективности.*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Eurofound: Sixth European Working Conditions Survey — Overview report (2017 update), Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2017. https://www.eurofound.europa.eu/sites/default/files/ef_publication/field_ef_document/ef1634.pdf.

2. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2017 г.: Государственный доклад. М.: Роспотребнадзор, 2018. http://rospotrebnadzor.ru/upload/iblock/d9d/gd_2017_seb.pdf

3. Томакова И.А., Томаков В.И. Состояние условий труда, профессиональные заболевания и производственный травматизм в экономике Российской Федерации. *Известия юго-западного государственного университета.* 2016; 2(19): 95–107.

4. Stadler K. S. Exoskeletons in industry: designs and their: *AUTSYM 2017–8th International Symposium on Automatic Control*. 2017, September; Wismar; 2017. DOI: 10.21256/zhaw–3495.

5. Kim S., Nussbaum M.A., Mokhlespour Esfahani M.I.et al. 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. *Appl. Ergon.* 2018; 70: 315–22. DOI: 10.1016/j.apergo.2018.02.025.

6. Бухтияров И.В., Измеров Н.Ф., Тихонова Г.И. и др. Производственный травматизм как критерий профессионального риска. *Проблемы прогнозирования.* 2017; 5 (164): 140–9.

7. О результатах мониторинга условий и охраны труда в Российской Федерации в 2016 г.: Доклад Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации, 2017. http://www.trudcontrol.ru/files/editor/files/%D0%9C%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%BD%D0%B3_2016.pdf

8. De Looze M.P., Bosch T., Krause F., Stadler K.S., O'Sullivan L.W. Exoskeletons for industrial application and their potential effects on physical workload. *Ergonomics.* 2016; 59(5): 671–81. DOI: 10.1080/00140139.2015.1081988.

9. McGowan B. Industrial Exoskeletons: What You're Not Hearing. https://ohsonline. com/articles/2018/10/01/industrial-exoskeletons-what-youre-not-hearing.aspx

10. ErgoSkeleton. StrongArm Technologies, Inc. https://www.strongarmtech. com/ergoskeleton

11. Van Engelhoven L., Poon N., Kazerooni H., Barr A., Rempel D., Harris-Adamson C. Evaluation of an adjustable support shoulder exoskeleton on static and dynamic overhead tasks. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*. 2018; 62(1): 804–8. DOI: 10.1177/1541931218621184

12. Shoulder X: Dynamic Shoulder Support. SuitX Industial Products. https://www.suitx.com/shoulderx

13. SkelEx. http://skel-ex.com/#

14. SkelEx Launches SkelEx V1. VenturesOne. http://venturesone.com/skelex-has-launched-the-first-official-version-of-the-skelex-exoskeleton-the-skelex-v1/

15. Weston E.B., Alizadeh M., Knapik G.G. et al. Biomechanical evaluation of exoskeleton use on loading of the lumbar spine. *Appl. Ergon.* 2018; 68: 101–8. DOI:10.1016/j.apergo.2017.11.006.

16. Fawcett C., Hayball L. Vest: Steadicam Fawcett Exovest. The Tiffen Company. https://www.afcs.fr/IMG/pdf/lit–815780.pdf

17. Fawcett C. Steadicam Posture. Available at: http://steadivision. com/ media/steadipos3.pdf

18. Wesslén J. Exoskeleton exploration: Research, development, and applicability of industrial exoskeletons in the automotive industry. 2018. http://hj. diva-portal. org/smash/get/diva2:1216221/FULLTEXT01. pdf

19. Theurel J., Desbrosses K. et al. Physiological consequences of using an upper limb exoskeleton during manual handling tasks. *Appl. Ergon.* 2018; 67: 211–7. DOI: 10.1016/j.apergo.2017.10.008.

20. Muscle Suit, a compact and lightweight wearable exoskeleton device that supports the lower back muscular system by providing up to 35.7 kg of extra power. Innophys Co., Ltd. http://resourcecenter.venturevaluation.com/wp-content/uploads/2018/03/Innophys.pdf

21. Ebrahimi A. Stuttgart Exo-Jacket: An exoskeleton for industrial upper body applications. *2017 10th International Conference on Human System Interactions (HSI)*, Ulsan, 2017; 258–63. DOI: 10.1109/HSI. 2017.8005042.

REFERENCES

1. Eurofound: Sixth European Working Conditions Survey — Overview report (2017 update), Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2017. Available at: https://www.eurofound.europa.eu/sites /default/files/ef_publication/field_ef_document/ef1634en.pdf

2. On the state of sanitary and epidemiological welfare of the population in the Russian Federation in 2017: State report. Federal'naya sluzhba po nadzoru v sfere zashchity prav potrebiteley i blagopoluchiya cheloveka, Moscow 2018. http://rospotrebnadzor.ru/upload/iblock/d9d/gd_2017_seb.pdf (in Russian).

3. Tomakova I.A., Tomakov V.I., The state of working conditions, occupational diseases, industrial injuries at enterprises of the Russian Federation and the tasks that must be solved. *Izvestiya yugo-zapadnogo gosudarstvennogo universiteta.* 2016; 2 (19): 95–107 (in Russian).

4. Stadler K.S. Exoskeletons in industry: designs and their: *AUTSYM 2017–8th International Symposium on Automatic Control.* 2017, September; Wismar; 2017 DOI 10.21256/zhaw–3495.

5. Kim S., Nussbaum M.A., Mokhlespour Esfahani M.I. et al. 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. *Appl. Ergon.* 2018; 70: 315–22. DOI 10.1016/j. apergo. 2018.02.025.

6. Bukhtiyarov I.V., Izmerov N.F., Tikhonova G.I., Churanova A.N. Industrial injuries as a criterion for occupational risk. *Problemy prognozirovaniya.* 2017; 5 (164): 140–9 (in Russian).

7. On the results of monitoring the conditions and labor protection in the Russian Federation in 2016: Report of the Ministry of Labor and Social Protection of the Russian Federation, 2017. http://www.trudcontrol.ru/files/editor/files/%D0%9C%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%BD%D0%B3_2016.pdf (in Russian).

8. De Looze M.P., Bosch T., Krause F., Stadler K.S., O'Sullivan L.W. Exoskeletons for industrial application and their potential effects on physical workload. *Ergonomics.* 2016; 59(5): 671–81. DOI: 10.1080/00140139.2015.1081988.

9. McGowan B. Industrial Exoskeletons: What You're Not Hearing. https://ohsonline.com/articles/2018/10/01/industrial-exoskeletons-what-youre-not-hearing.aspx

10. ErgoSkeleton. StrongArm Technologies, Inc. https://www.strongarmtech. com/ergoskeleton

11. Van Engelhoven L., Poon N., Kazerooni H., Barr A., Rempel D., Harris-Adamson C. Evaluation of an adjustable support shoulder exoskeleton on static and dynamic overhead tasks. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*. 2018; 62(1): 804–8. DOI: 10.1177/1541931218621184

12. Shoulder X: Dynamic Shoulder Support. SuitX Industial Products. Available at: https://www.suitx.com/shoulderx

13. SkelEx. http://skel-ex.com/#

14. SkelEx Launches SkelEx V1. VenturesOne. http://venturesone.com/skelex-has-launched-the-first-official-version-of-the-skelex-exoskeleton-the-skelex-v1/

15. Weston E.B., Alizadeh M., Knapik G.G. et al. Biomechanical evaluation of exoskeleton use on loading of the lumbar spine. *Appl. Ergon.* 2018; 68: 101–8. DOI:10.1016/j.apergo.2017.11.006.

16. Fawcett C., Hayball L. Vest: Steadicam Fawcett Exovest. The Tiffen Company. https://www.afcs.fr/IMG/pdf/lit–815780.pdf

17. Fawcett C. Steadicam Posture. http://steadivision.com/media/steadipos3.pdf

18. Wesslén J. Exoskeleton exploration: Research, development, and applicability of industrial exoskeletons in the automotive industry. 2018. http://hj.diva-portal.org/smash/get/diva2:1216221/FULLTEXT01.pdf

19. Theurel J., Desbrosses K. et al. Physiological consequences of using an upper limb exoskeleton during manual handling tasks. *Appl. Ergon.* 2018; 67: 211–7. DOI:10.1016/j.apergo.2017.10.008.

20. Muscle Suit, a compact and lightweight wearable exoskeleton device that supports the lower back muscular system by providing up to 35.7 kg of extra power. Innophys Co., Ltd. http://resourcecenter.venturevaluation.com/wp-content/uploads/2018/03/Innophys. pdf

21. Ebrahimi A. Stuttgart Exo-Jacket: An exoskeleton for industrial upper body applications. *2017 10th International Conference on Human System Interactions (HSI)*, Ulsan, 2017; 258–63. DOI: 10.1109/HSI. 2017.8005042.

Дата поступления / Received: 24.04.2019
Дата принятия к печати / Accepted: 20.05.2019
Дата публикации / Published: 24.07.2019

ПРАКТИЧЕСКОМУ ЗДРАВООХРАНЕНИЮ

DOI: http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-7-417-423

УДК 613.6; 613.867

© Коллектив авторов, 2019

Корехова М.В.[1], Новикова И.А.[2], Соловьев А.Г.[2]

Профессиональный стресс в деятельности фельдшеров скорой медицинской помощи

[1]ФГБОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», Ленинградский пр-т, 40, Архангельск, Россия, 163009;
[2]ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Минздрава России, пр-т Троицкий, 51, Архангельск, Россия, 163000

Работников скорой медицинской помощи можно отнести к специалистам экстремального профиля деятельности, так как их работа связана с множеством стрессогенных факторов. С целью выявления особенностей профессионального стресса в деятельности сотрудников скорой медицинской помощи (СМП) были обследованы 44 фельдшера Архангельской области (средний возраст — 38,1±10,8 года, M±σ). Использовались следующие методики: шкала организационного стресса Мак-Лина, опросник «Отношение к работе и профессиональное выгорание» В.А. Винокур, тест Ч. Спилбергера, копинг-тест Р. Лазаруса и С. Фолькмана, методика исследования склонности к риску А.Г. Шмелева, проективный тест «Несуществующее животное», методика оценки психологической атмосферы в коллективе. Установлено, что в ходе выполнения профессиональных обязанностей более 2/3 фельдшеров СМП часто сталкиваются со стрессовыми ситуациями; каждый третий сотрудник подвергается угрозе жизни или опасности ранения, травмы в процессе работы. Более половины респондентов имеют высокий уровень профессионального стресса и выгорания, 40,5% — используют неадаптивные копинг-стратегии в борьбе с возникшими трудноразрешимыми ситуациями, а у 1/5 — отмечается высокий показатель ситуативной тревожности и агрессивности. Предложены направления профилактики профессионального стресса у фельдшеров СМП.

Ключевые слова: *профессиональный стресс; профессиональное выгорание; фельдшера; скорая медицинская помощь; профилактика*

Для цитирования: Корехова М.В., Новикова И.А., Соловьев А.Г. Профессиональный стресс в деятельности фельдшеров скорой медицинской помощи. *Мед. труда и пром. экол.* 2019; 59 (7). http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-7-417-423

Для корреспонденции: *Корехова Мария Владимировна,* доц. каф. психологии Высшей школы психологии, педагогики и физической культуры Северного (Арктического) федерального университета им. М.В. Ломоносова, канд. псих. наук. E-mail: mkorexova@mail.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Maria V. Korehova[1], Irina A. Novikova[2], Andrey G. Soloviev[2]

Professional stress in the activities of paramedics of emergency medical care

[1]Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, 40, Leningradskiy Ave., Arkhangelsk, Russia, 163009;
[2]Northern State Medical University, 51, Troitsky Ave., Arkhangelsk, Russia, 163000

Emergency medical workers can be attributed to specialists of extreme profile of activity, as their work is associated with a variety of stress factors. 44 paramedics of the Arkhangelsk region (mean age 38.1±10.8 years, M±σ) were examined in order to identify the features of occupational stress in the activities of emergency medical personnel (NSR). The following methods we used: scale of organizational stress, Mak-Lin, the questionnaire «Attitude to work and professional burn-out» Vinokur V.A., test Ch. Spielberger, coping test of R. Lazarus and S. Volkman, a method of studying the risk appetite Shmelev A.G., projective test «Nonexistent animal», a method of assessing the psychological atmosphere in the team. It is established that during the performance of professional duties more than 2/3 of paramedics emergency medical care are often faced with stressful situations; every third employee is threatened with life or danger of injury, injury in the process. More than half of the respondents have a high level of professional stress and burnout, 40.5% — use non-adaptive coping strategies in the fight against intractable situations, and 1/5 — there is a high rate of situational anxiety and aggressiveness. The directions of prevention of occupational stress in paramedics ambulance.

Keywords: *professional stress; professional burnout; paramedic; emergency medical care; prevention*

For citation: Korehova M.V., Novikova I.A., Soloviev A.G. Professional stress in the activities of paramedics of emergency medical care. *Med. truda i prom. ekol.* 2019; 59 (7). http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-7-417-423

For correspondence: *Maria V. Korehova,* Associate professor of psychology of the Higher school of Psychology, pedagogy and physical culture of the Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Cand. of Sci. (Psy.) E-mail: mkorexova@mail.ru

Funding: The study had no funding.

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

Труд медицинских работников принадлежит к числу наиболее сложных и социально значимых видов деятельности, характеризуется существенной интеллектуальной нагрузкой, а в отдельных случаях требует и больших физических усилий и выносливости, внимания и высокой работоспособности, часто в экстремальных условиях [1,2].

Работников скорой медицинской помощи (СМП) можно отнести к специалистам экстремального профиля деятельности в связи с тем, что их профессиональная деятельность связана с ответственностью за здоровье пациентов в самых критических ситуациях и сопряжена с огромным количеством эмоционально-насыщенных стресс-факторов. Фельдшеры СМП одними из первых встречаются с проблемами здоровья пациентов на догоспитальном этапе, и их общение порой происходит в экстренных условиях и кризисных ситуациях [3].

Условия труда работников СМП характеризуются воздействием вредных факторов рабочей среды и трудового процесса, на большинстве рабочих мест соответствующих, согласно критериям Р. 2.2.2006–05, классам 3.1–3.2 [4]. Проведенные психосоциальные исследования на станциях СМП позволили отнести труд врачей по тяжести к оптимальному (2.0) классу, по напряженности — к вредному второй степени (3.2); средних медработников: по тяжести — к оптимальному (2.0) классу, по напряженности — к третьему первой степени (3.1) [5].

Работники СМП подвержены высокому риску возникновения профессионального стресса: их деятельность связана с высокой эмоциональной насыщенностью, психофизическим напряжением и высоким процентом факторов, вызывающих стресс [6–8]. Повседневный труд фельдшеров сопровождается различными стрессорами: постоянным эмоциональным контактом с множеством людей, нуждающихся в помощи, перегрузками, сменной работой, чувством высокой ответственности за результаты работы. Во время выполнения вызова фельдшер может столкнуться с любой неожиданной патологией; ему необходимо иметь широкий кругозор, обладать знаниями в самых разных областях медицины, уметь быстро ориентироваться в сложной ситуации, сохранять хладнокровие, за короткое время принять верное решение. Отсутствие возможности проводить дополнительные исследования (лабораторные анализы, рентгенограммы и др.), невозможность быстро получить консультативную помощь обязывают фельдшера СМП полагаться только на свои знания, опыт и навыки [9].

Спектр последствий профессионального стресса фельдшеров СМП достаточно широк: от негативных психических состояний, возникающих в связи с условиями профессиональной деятельности, до состояния профессионального выгорания, снижения работоспособности, проблем со здоровьем, депрессивных состояний, явлений профессиональной деформации личности.

Хронический профессиональный стресс умеренной интенсивности способствует формированию психоэмоционального напряжения как компонента синдрома профессионального выгорания (СПВ). Проведенные рядом авторов исследования [8,10,11] показывают, что он может развиваться у 30–50% работников СМП. Несмотря на имеющиеся в литературе данные, до сих пор остается необходимость углубления научных знаний о профессиональном стрессе у работников СМП для разработки своевременных и целенаправленных психопрофилактических мероприятий.

Цель исследования — выявление особенностей профессионального стресса в деятельности фельдшеров СМП.

Материалы и методы. Были обследованы 44 фельдшера СМП, работающих в лечебных учреждениях Архангельской области; из них 36 (81,8%) женщин, 8 (18,2%) мужчин; средний возраст составил 38,1±10,8 года (M±σ). Среди обследованных со стажем до 5 лет было 12 человек (27,2%), от 5 до 10 лет — 12 человек (27,2%), со стажем более 10 лет — 20 человек (45,6%).

Использовались следующие методы исследования: анкетирование, психологическое тестирование, математико-статистическая обработка эмпирических данных. Применяемые методики: шкала организационного стресса Мак-Лина [12], опросник «Отношение к работе и профессиональное выгорание» В.А. Винокура (ОРПВ) [13], тест Ч. Спилбергера в модификации Ю. Ханина [14], копинг-тест Р. Лазаруса и С. Фолькмана [15], методика исследования склонности к риску А.Г. Шмелева [16], проективный тест «Несуществующее животное» М.З. Дукаревича [17], методика оценки психологической атмосферы в коллективе А.Ф. Фидлера [18].

Шкала организационного стресса Мак-Лина измеряет толерантность (стрессоустойчивость) к организационному стрессу, которая связывается с умением общаться, адекватно оценивать ситуацию, без ущерба для своего здоровья и работоспособности активно и интересно отдыхать, быстро восстанавливая свои силы.

Картина СПВ изучалась с помощью опросника «Отношение к работе и профессиональное выгорание» В.А. Винокура. Методика позволяет выявить содержательные характеристики эмоциональных реакций и стилей отношения к работе у «помогающих» профессионалов в процессе развития у них «выгорания».

Фрайбургский личностный опросник использовался для диагностики состояний и свойств личности, которые имеют первостепенное значение для процесса социальной адаптации и регуляции поведения.

Тест Ч. Спилбергера в модификации Ю.А. Ханина является информативным способом самооценки как уровня тревожности в данный момент (реактивная тревожность, как состояние), так и личностной тревожности (как устойчивая характеристика человека). Копинг-тест Р. Лазаруса и С. Фолькмана был направлен на выявление преобладающих стратегий совладания со стрессом.

Социально-психологический климат в коллективе оценивался с помощью экспресс-методики А.Ф. Фидлера: чем ниже полученный балл, тем благоприятнее психологическая атмосфера в коллективе, по мнению отвечающего.

Для обработки результатов применялся пакет прикладных статистических программ SPSS (версия 15.0) и стандартные расчетные методы. Проверка на нормальность распределения проводилась с использованием статистического критерия Колмогорова-Смирнова. Для оценки значимости разницы средних значений использовался критерий Стьюдента и U-критерий Манна-Уитни. Для изучения взаимосвязей между признаками применялись корреляционный и факторный виды анализа [3].

Результаты и обсуждение. Во время выполнения своей профессиональной деятельности почти ½ (47,7%) фельдшеров СМП сталкивались с угрозами и словесными оскорблениями, более 1/3 (34,1%) — подвергались угрозе жизни, опасности серьезного ранения или травмы, у 6,8% встречались легкие травмы и ушибы. Каждый второй (47,8%) сотрудник оценивал свою работу как тяжелую и напряженную, отмечал у себя плохое настроение, вспыльчивость и раздражительность, а также имел жалобы на плохое состояние здоровья; 75,0% обследуемых в ходе вы-

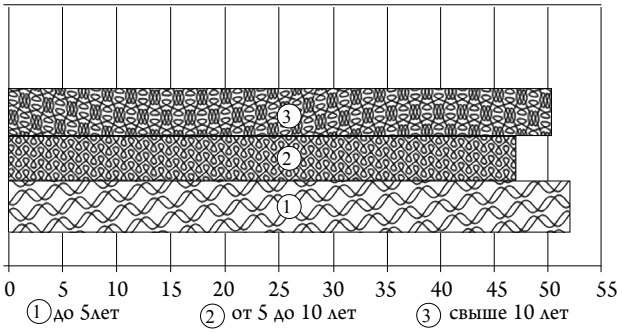

Рис. 1. Распределение работников скорой медицинской помощи по уровню организационного стресса в зависимости от стажа работы,%

Fig. 1. Distribution of emergency medical workers according to the level of organizational stress depending on the length of service,%

полнения своих профессиональных обязанностей практически ежедневно сталкивались со стрессовыми ситуациями.

Показатель организационного стресса по методике Мак-Лина в группе обследуемых был высоким (49,5±8,2 балла; M±σ), то есть вероятность развития стресса была очень велика. Каждый второй сотрудник (54,4%) был предрасположен к различным стресс-синдромам, риску профессионального выгорания и коронарных заболеваний; у 1/3 фельдшеров (33,3%) отмечался умеренный уровень организационного стресса, у 12,3% респондентов — низкий.

Анализ результатов по методике Мак-Лина (рис. 1) у фельдшеров с разным стажем работы показал, что при превышении 10-летнего периода наблюдался завышенный показатель организационного стресса. Наиболее высокий показатель был выявлен у группы со стажем до 5 лет, что свидетельствует о трудностях адаптации к профессиональной деятельности в первые годы работы и наиболее сложном периоде в профессиональной деятельности фельдшеров СМП.

По опроснику ОРПВ у работников СМП (рис. 2) были обнаружены высокие среднегрупповые значения по шкалам «эмоциональное истощение» и «здоровье и общая адаптация», указывающие на нарастающую усталость, плохое самочувствие, появление чувства разочарования и неудовлетворенности от своей работы, истощения как физического, так и эмоционального, проблем со здоровьем.

Почти у половины обследуемых (47,7%) отмечался высокий интегративный индекс профессионального выгорания, свидетельствующий о сформированности СПВ у работников СМП. Эмоциональное истощение было выявлено у более чем у ½ сотрудников (52,4%), а у 40,5% — высокое напряжение, влияющее на качество работы. Следует отметить, что в сравнении с результатами авторов исследований из других регионов в данном исследовании была выявлена более частая встречаемость признаков СПВ у фельдшеров СМП [11,19].

Более чем у 1/3 работников СМП (у 35,7%) встречалась низкая удовлетворенность работой и недооценка ее значимости, а каждый третий (38,1%) тяжело переживал ошибки и неудачи в своей профессиональной деятельности, игнорируя или недооценивая свои успехи, и относился чересчур требовательно и ответственно к работе. Каждый пятый респондент (21,4%) низко оценивал качество своей работы, а почти каждый четвертый (23,8%) — не чувствовал помощи и поддержки коллег. Более ½ работников СМП (52,4%) не видели возможности профессионального развития и самосовершенствования. Почти у каждого четвертого обследуемого (23,8%) отмечалась общая низкая самооценка, отражающаяся в мыслях о своей недостаточно высокой профессиональной компетентности, а 59,5% говорили о негативном влиянии профессии на их здоровье и жизнь.

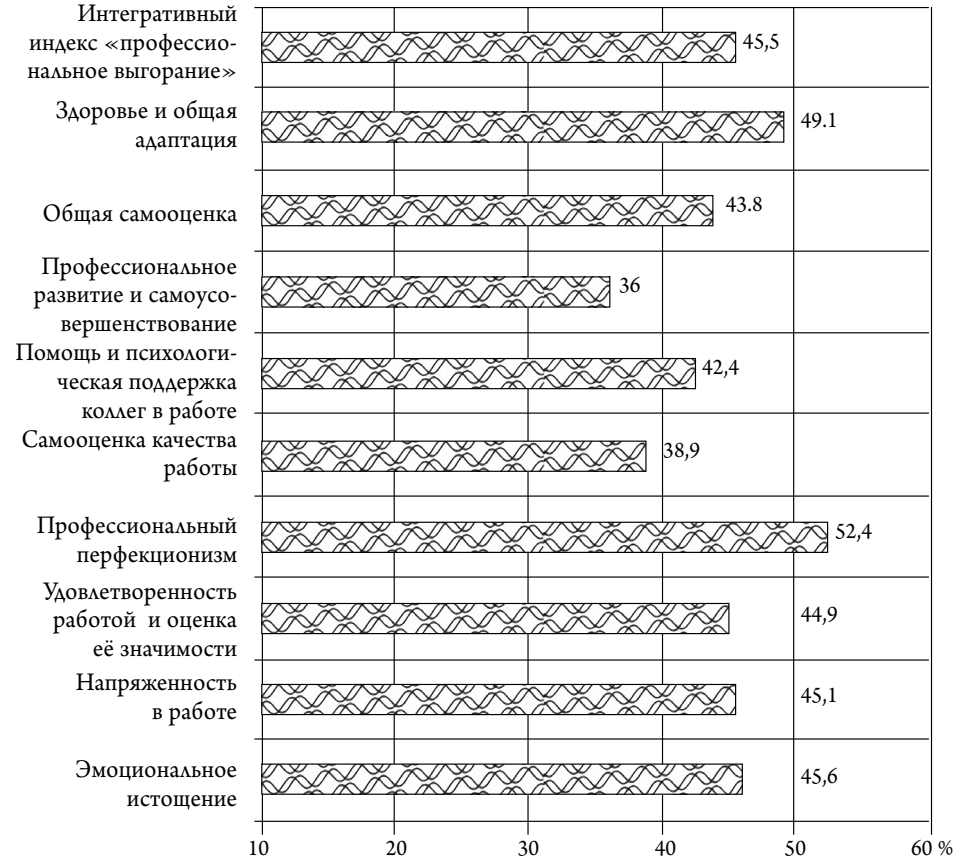

Рис. 2. Симптомы профессионального выгорания работников скорой медицинской помощи, в%

Fig. 2. Symptoms of professional burnout of emergency medical workers,%

Самый высокий уровень эмоционального истощения отмечался в группе фельдшеров со стажем свыше 10 лет (49,2±13,7%, $M±\sigma$) в сравнении со стажем от 5 до 10 лет (37,6±8,1%; $p<0,01$) и до 5 лет (34,9±10,7%; $p<0,01$).

У респондентов со стажем от 5 до 10 лет отмечается наиболее высокий уровень профессионального развития и самоусовершенствования (28,8±13,7%) по сравнению с лицами со стажем свыше 10 лет (38,7±11,8%; $p<0,05$) и до 5 лет (32,2±10,0%).

У фельдшеров СМП со стажем до 5 лет отмечалась самая высокая удовлетворенность работой и оценка ее значимости (37,5±13,1%; M±σ). Респонденты со стажем работы больше 10 лет имели более низкую удовлетворенность работой и оценку ее значимости по сравнению с представителями других групп ($p<0,05$).

Значение интегративного индекса профессионального выгорания существенно не отличалось в первых двух возрастных группах. Однако в группе со стажем свыше 10 лет показатель был достоверно выше по сравнению с группой со стажем от 5 до 10 лет ($p<0,05$) и до 5 лет ($p<0,05$). В группе со стажем свыше 10 лет высокий уровень профессионального выгорания отмечался у 60,7% обследуемых, что существенно больше, чем в группе со стажем до 5 лет (28,5%) и от 5 до 10 лет (14,3%).

При разном стаже работы в структуру СПВ у фельдшеров СМП вносили вклад такие симптомы, как снижение самооценки качества работы и общей самооценки, отсутствие помощи и психологической поддержки коллег. К симптомам СПВ, отличающим разные группы, относятся следующие признаки: при стаже до 5 лет — низкий уровень профессионального развития и самоусовершенствования; от 5 до 10 лет — напряженность в работе; больше 10 лет — высокое эмоциональное истощение, снижение удовлетворенности работой и оценки ее значимости, нарушения здоровья и общей адаптации.

По методике Спилбергера-Ханина показатель ситуативной тревожности соответствовал 36,0±11,8 балла (M±σ), личностной — 45,8±10,2 балла (M±σ). У 1/5 респондентов отмечался высокий показатель ситуативной тревожности, проявляющийся повышенным беспокойством, напряженностью и нервозностью по поводу ряда происходящих ситуаций на работе и в жизни в целом. Высокая тревожность, как личностная черта, была присуща более чем ½ работников СМП с тенденцией воспринимать достаточно широкий спектр ситуаций как угрожающие. Полученные данные соответствуют результатам других исследований [20] о высоком уровне тревожности среди врачей СМП.

Высокая склонность к риску была обнаружена у 97,6% обследуемых, то есть большинство работников СМП достаточно решительны, самостоятельны в выборе тех или иных действий, однако не склонны к авантюризму и повышенному, необдуманному риску. Чрезмерно осторожны в принятии решений были 2,4% работников.

У 7,7% работников СМП по тесту «Несуществующее животное» был выявлен повышенный уровень агрессивности (а умеренный — у 50,0%), что может существенно осложнять межличностные отношения с коллегами и пациентами.

Таблица

Показатели психологических методик у работников СМП с разным уровнем выгорания (M±σ, баллы)
Indicators of psychological techniques in emergency medical workers with different levels of burnout (M±σ, points)

Методика	Показатель	Уровень выраженности выгорания		
		низкий	умеренный	высокий
Опросник «Отношение к работе и профессиональное выгорание» В.А. Винокура (ОРПВ)	Эмоциональное истощение	30,8±5,4 б***, в***	40,2±6,8а***, в**	56,3±9,3а***, б**
	Напряженность в работе	29,8±5,2 б***, в***	42,5±4,0 а***, в***	54,3±11,4 а***, б***
	Удовлетворенность работой и оценка ее значимости	31,5±14,7 в***	36,3±9,6 в***	56,8±15,9 а***, б***
	Самооценка качества работы	23,4±8,1 б***, в***	38,9±11,6 а***, в*	46,7±9,2 а***, б*
	Помощь и психологическая поддержка коллег в работе	33,0±9,0 в**	38,8±12,4 в*	49,2±16,3 а**, б*
	Профессиональное развитие и самоусовершенствование	29,4±11,0 в***	28,2±9,9 в***	43,9±9,1 а***, б***
	Общая самооценка	32,3±8,2 б*, в***	44,1±9,1 а*	49,4±12,2 а***
	Здоровье и общая адаптация	27,1±9,9 б***, в***	48,9±7,5 а***, в**	60,1±13,4 а***, б**
Шкала организационного стресса Мак-Лина	Организационный стресс	42,8±6,1 б*, в**	48,3±8,4 а*, в*	53,5±7,1а**, б*
Тест Ч. Спилбергера в модификации Ю. Ханина	Ситуативная тревожность	26,8±5,6 б*, в**	35,9±7,7 а*	40,8±13,4 а**
	Личностная тревожность	36,4±7,8 б**, в***	48,0±8,8 а**	48,4±9,2 а***
Копинг-тест Р. Лазаруса и С. Фолькмана	Дистанцирование	46,9±10,7 б**	59,2±10,3 а**, в*	52,4±8,7 б*
	Самоконтроль	36,0±8,5 б**, в**	47,0±9,7 а **	45,7±8,4 а**
	Принятие ответственности	44,2±6,6 б*, в*	52,2±11,8 а*	51,6±8,2 а*
	Бегство-избегание	42,2±4,7 б*, в**	51,9±9,9 а*	52,4±9,6 а**
Методика оценки психологической атмосферы в коллективе А.Ф. Фидлера	Оценка психологической атмосферы в коллективе	23,0±11,1 в*	31,8±11,1	33,7±15,9а*

Примечания: Различия достоверны при * — $p<0,05$, ** — $p<0,01$, *** — $p<0,001$ в сравнении с а — низким уровнем выгорания, б — умеренным уровнем, в — высоким уровнем.

Notes: Differences are significant at *p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001 compared to a — low burnout, b — moderate, b — high.

По методике А.Ф. Фидлера 12,2% работников СМП считали неблагоприятной психологическую атмосферу в коллективе с преобладанием враждебности, несогласия, недоброжелательности, равнодушия, что негативно сказывается на успешности их профессиональной деятельности.

Были выявлены три копинг-стратегии (по методике Р. Лазаруса), имеющие наибольший уровень напряженности: дистанцирование (53,0 балла), поиск социальной поддержки (51,0 балла), планирование (50,8 балла) с превалированием снижения субъективной значимости стрессовой ситуации и степени эмоциональной вовлеченности в нее, анализом того, как можно изменить ситуацию, с усилением при этом поиска информационной, действенной и эмоциональной поддержки.

Почти у четверти сотрудников (23,8%) преобладающей копинг-стратегией было дистанцирование, ¼ (23,8%) — планирование решения проблемы, 1/5 (19,1%) — поиск социальной поддержки, 11,9% — бегство-избегание, 7,1% — положительная переоценка, 7,1% — принятие ответственности, 4,8% — конфронтация и у 2,4% — самоконтроль. Можно сказать, что практически каждый второй работник СМП использует неадаптивные копинг-стратегии в борьбе с возникшими трудноразрешимыми ситуациями, обесценивает собственные переживания, недооценивает значимость и возможность действительного преодоления проблемных ситуаций, при этом могут наблюдаться импульсивность в поведении, иногда с элементами конфликтности и враждебности, или встречаться реакции по типу уклонения: отрицание проблемы, уклонение от ответственности и т. д. Полученные данные несколько расходятся с результатами других авторов. Так, по мнению Д.Н. Церфус и соавт. [21], преобладающей являлась стратегия самоконтроля (у 16%), а по данным Е.Р. Исаевой и И.Л. Гуреевой [22] — самоконтроль, планирование решения проблемы и принятие ответственности.

Для более углубленного анализа было проведено изучение психологических особенностей у фельдшеров СМП в зависимости от уровня выраженности выгорания: низкий, умеренный, высокий уровень (табл. 1).

Работники СМП с высоким уровнем выгорания обладали наиболее наибольшим уровнем организационного стресса, тревожности, более низкой общей самооценкой и самооценкой качества работы, также у них чаще встречались проблемы со здоровьем и общей адаптацией. Представители данной группы отмечали более неблагоприятную психологическую атмосферу в коллективе, а также отсутствие помощи и психологической поддержки со стороны коллег, при столкновении с трудностями чаще использовали такие неадаптивные копинг-стратегии, как бегство-избегание и дистанцирование. Наибольшее напряжение копинг-стратегий, по сравнению с другими группами (низким и высоким уровнем), имели фельдшера с умеренным уровнем выгорания, что может свидетельствовать о том, что умеренный уровень выгорания благоприятно сказывается на использовании человеком целенаправленных, осознаваемых и гибких стратегий, помогающих приспособиться к действительности.

Анализ факторной структуры личностных особенностей работников СМП показал, что ведущим фактором был фактор «синдром выгорания» (29,7%), характеризующийся эмоциональным истощением, напряженностью работы, низкой удовлетворенностью и оценкой значимости своей профессиональной деятельности, низкой общей самооценкой, проблемами со здоровьем и общей адаптацией, а также высоким уровнем профессионального стресса и тревожности.

Вторым по значимости был фактор «адаптивные копинг-стратегии» (12,5%), включающий шкалы «принятие ответственности», «планирование решения проблемы», «самоконтроль» и «положительная переоценка»; третьим — фактор «сопротивление стрессу» (10,9%), к которому в большей степени относились неадаптивные стратегии совладания со стрессом, такие как конфронтация, бегство-избегание, дистанцирование, поиск социальной поддержки.

По результатам корреляционного анализа было выявлено, что с увеличением показателя организационного стресса нарастали эмоциональное истощение (r=0,444; p=0,003) и напряженность в работе (r=0,458; p=0,002), снижалась самооценка ее качества (r=0,575; p=0,001), ухудшались здоровье и адаптация (r=0,547; p=0,000), усиливалось напряжение таких копинг-стратегий, как бегство (r=0,534; p=0,000) и самоконтроль (r=0376; p=0,014). Были выявлены взаимосвязи между следующими копинг-стратегиями: бегство и конфронтация (r=0,339; p=0,028), бегство и дистанцирование (r=0,480; p=0,001), дистанцирование и самоконтроль (r=0,452; p=0,003), ответственность и положительная переоценка (r=0,335; p=0,030), положительная переоценка и планирование (r=0,344; p=0,026). Также были выявлены взаимосвязи между агрессивностью и следующими показателями: эмоциональным истощением (r=0,416; p=0,043), отсутствием помощи коллег (r=0,477; p=0,043), общим показателям выгорания (r=0,451; p=0,048), личностной тревожностью (r=–0,567; p=0,004).

Следовательно, при увеличении организационного стресса у фельдшеров СМП возрастает риск развития профессионального выгорания, усиливается напряжение неадаптивных копинг-стратегий, могут наблюдаться неконструктивные формы поведения в стрессовых ситуациях, отрицание проблемы, пассивность, чрезмерное сдерживание эмоций, обесценивание собственных переживаний или, наоборот, вспышки раздражения, импульсивное поведение. Неадаптивные копинг-стратегии не помогают разрешить сложившуюся ситуацию, а только лишь усиливают стресс. Адаптивные копинг-стратегии способствуют признанию своей роли в возникновении проблемы и ответственности за ее решение, предполагают выработку плана действий с учетом объективных условий, прошлого опыта и имеющихся ресурсов, создают возможность положительного переосмысления проблемной ситуации. Агрессивность фельдшеров СМП, как личностная черта, связана не с высоким показателем организационного стресса как такового, а с высоким уровнем профессионального выгорания, и в особенности с нарастанием эмоционального истощения и ощущением отсутствия помощи коллег. Таким образом, можно предположить, что агрессивность является негативным изменением личности фельдшеров СМП вследствие профессионального выгорания.

Особая роль в повышении эффективности деятельности работников СМП принадлежит профилактике профессионального стресса, представляющей совокупность предупредительных мероприятий, ориентированных на снижение вероятности развития негативных последствий стресса, реализующихся на трех три основных уровнях управления стрессами: на уровне организации (профессионально-организационный), группы (социальный) и уровне отдельной личности (индивидуально-психологический) [23]. Профилактика направлена на формирование, укрепление и развитие у работников СМП психологических качеств, обеспечивающих их высокую психологическую устойчивость и готовность выполнять свои профессиональные обязанности в любых условиях обстановки.

Выводы:

1. В ходе выполнения своих профессиональных обязанностей 75,0% фельдшеров СМП сталкиваются со стрессовыми ситуациями; 34,1% — подвергается угрозе жизни или опасности ранения.

2. Высокий показатель профессионального стресса обнаруживается у 54,4% фельдшеров СМП, у 47,7% — уже сформирован СПВ, проявляющийся нарастающей усталостью, плохим самочувствием, появлением чувства разочарования и неудовлетворенности от своей работы, истощением, как физическим, так и эмоциональным, проблемами со здоровьем. Используют неадаптивные копинг-стратегии в борьбе с возникшими трудноразрешимыми ситуациями 40,5% сотрудников, а у 1/5 отмечается высокий показатель ситуативной тревожности и агрессивности. Каждый десятый сотрудник СМП считает, что в его коллективе преобладает враждебность, несогласие, недоброжелательность, равнодушие, что негативно сказывается на успешности их профессиональной деятельности.

3. К основным симптомам СПВ у фельдшеров СМП относятся следующие признаки: при стаже до 5 лет — низкий уровень профессионального развития и самоусовершенствования; от 5 до 10 лет — напряженность в работе; больше 10 лет — высокое эмоциональное истощение, снижение удовлетворенности работой и оценки ее значимости, нарушения здоровья и общей адаптации.

4. Работа в условиях стресса представляет собой серьезное испытание физического и психического здоровья работников СМП, критической проверки степени его профессиональной надежности. В связи с этим, особая роль в повышении эффективности деятельности работников СМП принадлежит профилактике профессионального стресса, включающей мероприятия на уровнях организации (профессионально-организационный), группы (социальный) и уровне отдельной личности (индивидуально-психологический).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барачевский Ю.Е., Сидоров П.И., Соловьев А.Г. *Медицина катастроф.* Архангельск: Изд-во Северного государственного медицинского университета, 2007.

2. Пивоваров Ю.П., Королик В.В., Зинкевич Л.С. *Гигиена и основы экологии человека.* М.: Издательский центр «Академия»; 2006.

3. Наследов А.Д. *Математические методы психологического исследования. Анализ и интерпретация данных*. СПб: Речь, 2006.

4. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификации условий труда: Р2.2.2006–05: утв. Гл. гос. сан. врачом РФ 29.07.2005 г.

5. Карамова Л.М., Красовский В.О., Ахметшина В.Т., Хафизова А.С., Власова В.Н., Буляков Р.М., Нафиков Р.Г. Профессиональный риск здоровья медицинских работников станции скорой медицинской помощи. *Медицина труда и экология человека.* 2017; 4: 28–36

6. Евдокимов В.И., Губин А.И. Оценка формирования синдрома профессионального выгорания у врачей и его профилактика. *Вестник психотерапии.* 2009; 30(35): 106–119.

7. Сидоров П.И., Соловьев А.Г., Новикова И.А. *Синдром профессионального выгорания у медицинских работников: учебное пособие.* Под ред. П.И. Сидорова. Архангельск: Издательский центр СГМУ; 2007.

8. Юрьева Л.Н. *Профессиональное выгорание у медицинских работников формирование, профилактика, коррекция*. Киев: Сфера; 2004.

9. Верткин А. Л. *Руководство по скорой медицинской помощи: учебное пособие.* М.: ГЭОТАР-медиа, 2011.

10. Водопьянова Н.Е. Синдром психического выгорания в коммуникативных профессиях. В кн.: Никифорова Г.С. *Психология здоровья.* СПб: Изд-во СПБГУ; 2000: 443–463.

11. Лымаренко В.М., Апчел В.Я., Леонтьев О.В., Дергунов А.В. Исследование хронического профессионального стресса у врачей скорой медицинской помощи Невского района Санкт-Петербурга. Вестник Российской военно-медицинской академии. 2012; 3(39): 39–45.

12. Водопьянова Н.Е., Старченкова Е.С. *Синдром выгорания: диагностика и профилактика.* СПб: Питер; 2009.

13. Винокур В.А. *Методика психологической диагностики профессионального «выгорания» в «помогающих» профессиях. Опросник «ОРПВ» (Отношение к работе и профессиональное «выгорание»): учеб. пособие.* СПБ: СЗГМУ им. И.И. Мечникова, 2012.

14. Общая психодиагностика. Под ред. А.А. Бодалева, В.В. Столина. М. Изд-во МГУ; 1987.

15. Вассерман Л.И. *Совладание со стрессом: теория и психодиагностика: Учебно-методическое пособие.* СПб: Речь, 2010.

16. Психологические исследования: Практикум по общей психологии для студентов педагогических вузов. Составители: Т.И. Пашукова, А.И. Допира, Г.В. Дьяконов. М.: Издательство «Институт практической психологии»; 1996.

17. Романова Е.С. *Графические методы в практической психологии.* СПб: Речь; 2001.

18. Фетискин Н.П., Козлов В.В., Мануйлов Г.М. *Социально-психологическая диагностика развития личности и малых групп*. М.: Изд-во Института Психотерапии; 2002.

19. Карамова Л.М., Нафиков Р.Г. Синдром профессионального выгорания у медицинских работников станции скорой медицинской помощи. Вестник РГМУ. 2013; 5–6: 133–5.

20. Белов В.Г., Парфенов Ю.А., Ломоть Д.П. и др. Клинико-психофизиологические характеристики профессиональных стрессовых нагрузок у врачей скорой помощи. Вестник Российской военно-медицинской академии. 2010; 2(30): 108–114.

21. Церфус Д.Н., Карагачева М.В. Психологические защиты и совладающее поведение у работников экстренной медицинской службы. Сборник: Экстремальные ситуации природного характера: проблемы, факторы, последствия. 2016:143–152.

22. Исаева Е.Р., Гуреева И.Л. Синдром эмоционального выгорания и его влияние на копинг-поведение у медицинских работников. Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта. 2010; 6 (64): 26–30.

23. Корехова М.В., Соловьев А.Г., Новикова И.А. *Психическая дезадаптация специалистов в экстремальных условиях деятельности: монография.* Архангельск: Изд-во Северного государственного медицинского университета; 2014.

REFERENCES

1. Barachevskij Yu.E., Sidorov P.I., Solov'ev A.G. *Emergency Medicine***.** Arkhangel'sk: Izd-vo Severnogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta; 2007(in Russian).

2. Pivovarov YU.P., Korolik V.V., Zinkevich L.S. *Hygiene and fundamentals of human ecology.* M.: Izdatel'skij tsentr «Akademiya»; 2006 (in Russian).

3. Nasledov A.D. *Mathematical methods of psychological research. Data analysis and interpretation.* SPb.: Rech'; 2006 (in Russian).

4. Guidance on the hygienic assessment of factors of the working environment and the labor process. Criteria and classifications of

working conditions: R2.2.2006–05: utv. Gl. gos. san. vrachom RF 29.07.2005 (in Russian).

5. Karamova L.M., Krasovskiy V.O., Akhmetshina V.T., Khafizova A.S., Vlasova V.N., Bulyakov R.M., Nafikov R.G. Occupational Health Risk for Emergency Medical Staff. *Meditsina truda i ekologiya cheloveka*. 2017; 4: 28–36(in Russian).

6. Evdokimov V.I., Gubin A.I. Evaluation of the formation of professional burnout syndrome among doctors and its prevention. *Vestnik psikhoterapii*. 2009; 30(35): 106–19(in Russian).

7. Sidorov P.I., Solov'ev A.G., Novikova I.A. Professional burnout syndrome in health care workers: uchebnoe posobie. Pod red. P.I. Sidorova. Arkhangel'sk: Izdatel'skij tsentr SGMU; 2007 (in Russian)

8. Yur'eva L.N. Professional burnout of medical workers in the formation, prevention, correction. Kiev: Sfera; 2004(in Russian).

9. Vertkin A. L. Ambulance Guide: uchebnoe posobie. M.: GEHOTAR-media; 2011 (in Russian).

10. Vodop'yanova N.E. Mental burnout syndrome in communicative occupations. In the book: Nikiforova G.S. *Psikhologiya zdorov'ya*. Spb: Izd-vo SPBGU; 2000: 443–63.

11. Lymarenko V.M., Apchel V.YA., Leont'ev O.V., Dergunov A.V. Investigation of chronic occupational stress in emergency care doctors of the Nevsky district of St. Petersburg. *Vestnik Rossijskoj voenno-meditsinskoj akademii*. 2012; 3(39): 39–45 (in Russian).

12. Vodop'yanova N.E., Starchenkova E.S. Burnout syndrome: diagnosis and prevention. SPb: Piter; 2009(in Russian).

13. Vinokur V.A. *Methods of psychological diagnosis of professional «burnout» in the «helping» professions. Questioner «PROM» (Attitude to work and professional «burnout»):* ucheb. posobie. SPB.: SZGMU im. I.I. Mechnikova; 2012 (in Russian).

14. General psychodiagnosis. Pod red. A.A. Bodaleva, V.V. Stolina. M. Izd-vo MGU; 1987 (in Russian).

15. Vasserman L.I. *Coping with stress: theory and psychodiagnosis:* Uchebno-metodicheskoe posobie. Pod nauch. red. prof. L.I. Vassermana. SPb.: Rech'; 2010 (in Russian).

16. Psychological research: Praktikum po obshhej psikhologii dlya studentov pedagogicheskikh vuzov. Sostaviteli: T.I. Pashukova, A.I. Dopira, G.V. D'yakonov. M.: Izdatel'stvo «Institut prakticheskoj psikhologii»; 1996 (in Russian).

17. Romanova E.S. Graphic methods in practical psychology. SPb.: Rech'; 2001(in Russian).

18. Fetiskin N.P., Kozlov V.V., Manujlov G.M. *Socio-psychological diagnosis of personal development and small groups.* M.: Izd-vo Instituta Psikhoterapii; 2002 (in Russian).

19. Karamova L.M., Nafikov R.G. Professional burnout syndrome in ambulance station medical staff. *Vestnik RGMU*. 2013; 5–6: 133–5 (in Russian).

20. Belov V.G., Parfenov YU.A., Lomot' D.P. et al. Clinical and psycho-physiological characteristics of occupational stress in ambulance doctors. *Vestnik Rossijskoj voenno-meditsinskoj akademii*. 2010; 2 (30): 108–14(in Russian).

21. Tserfus D.N., Karagacheva M.V. Psychological defenses and coping behavior in emergency medical service workers. *Sbornik: EHkstremal'nye situatsii prirodnogo kharaktera: problemy, faktory, posledstviya.* 2016: 143–52 (in Russian).

22. Isaeva E.R., Gureeva I.L. Burnout syndrome and its effect on coping behavior among medical professionals. *Uchenye zapiski universiteta im. P. F. Lesgafta*. 2010; 6 (64): 26–30 (in Russian).

23. Korekhova M.V., Solov'ev A.G., Novikova I.A. Mental disadaptation of specialists in extreme conditions of activity: monografiya. Arkhangel'sk: Izd-vo Severnogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta; 2014 (in Russian).

Дата поступления / Received: 11.12.2018
Дата принятия к печати / Accepted: 17.04.2019
Дата публикации / Published: 24.07.2019

Практическому здравоохранению

DOI: http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-7-424-429

УДК 613.6:622.8

© Коллектив авторов, 2019

Бухтияров И.В.[1], Чеботарев А.Г.[1], Курьеров Н.Н.[1], Сокур О.В.[2]

Актуальные вопросы улучшения условий труда и сохранения здоровья работников горнорудных предприятий

[1]ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова», пр-т Буденного, 31, Москва, Россия, 105275;
[2]Центральный Совет Горно-металлургического профсоюза России, ул. Большая Дмитровка, 5/6, Москва, Россия, 127994

Условия труда работников горнорудных предприятий характеризуются классом 3 (вредные) 2–4 степени, которые определяют уровень профессиональной заболеваемости. Наиболее высокий показатель профессиональной заболеваемости (111,2 случая на 10 тыс. работников, прошедших периодические медицинские осмотры) имеет место у рабочих рудников, и он существенно выше, чем у работников карьеров. У подземных рабочих в структуре профессиональной заболеваемости первое место занимают болезни бронхолегочной системы (30,1%), у рабочих карьеров — вибрационная болезнь (48,3%). На этих предприятиях установлена тенденция увеличения в последние годы случаев смерти на рабочем месте в основном от болезней сердечно-сосудистой системы.

Ключевые слова: *рудники; карьеры; условия труда; профессиональная заболеваемость; здоровье работников*
Для цитирования: Бухтияров И.В., Чеботарев А.Г., Курьеров Н.Н., Сокур О.В. Актуальные вопросы улучшения условий труда и сохранения здоровья работников горнорудных предприятий. *Мед. труда и пром. экол.* 2019; 59 (7). http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-7-424-429

Для корреспонденции: *Чеботарев Александр Григорьевич,* вед. науч. сотр. лаб. комплексных проблем отраслевой медицины труда в ведущих отраслях экономики ФГБНУ «НИИ МТ», д-р мед. наук. E-mail: a.g.cheba@yandex.ru
Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.
Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Igor V. Bukhtiyarov[1], Alaksandr G. Chebotarev[1], Nikolay N. Courierov[1], Oleg V. Sokur[2]

Topical issues of improving working conditions and preserving the health of employees of mining enterprises

[1]Izmerov Research Institute of Occupational Health, 31, Budennogo Ave., Moscow, Russia, 105275;
[2]Central Council of Mining and Metallurgical Trade Union of Russia, 5/6, Bolshaya Dmitrovka str., Moscow, Russia, 127994

Working conditions of employees of mining enterprises are characterized by class 3 (harmful) 2–4 degrees, which determine the level of occupational disease. The highest rate of occupational morbidity (111.2 cases per 10 thousand workers who have undergone periodic medical examinations) occurs in mine workers, and it is significantly higher than in quarry workers. In underground workers in the structure of occupational disease, the first place is occupied by diseases of the bronchopulmonary system (30.1%), in quarry workers — vibration disease (48.3%). These enterprises have shown an increasing trend in recent years of deaths in the workplace, mainly from diseases of the cardiovascular system.

Key words: *mines; careers; working conditions; occupational morbidity; health of workers*
For citation: Bukhtiarov I.V., Chebotarev A.G., Courierov N.N., Sokur O.V. Topical issues of improving working conditions and preserving the health of workers of mining enterprises. *Med. truda i prom. ekol.* 2019; 59 (7). http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-7-424-429

For correspondence: *Alexandr G. Chebotarev,* leading researcher of laboratory of complex problems of the industry of occupational medicine in leading industries of Izmerov Research Institute of Occupational Medicine, Dr. of Sci. (Med.). E-mail: a.g.cheba@yandex.ru
Funding: The study had no funding.
Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

Введение. Стратегия развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации до 2030 г. определяет все возрастающую добычу сырья, в том числе продукции горнодобывающей промышленности.

После кризиса и структурной реорганизации горнорудные предприятия успешно развиваются. Наметился положительный баланс ввода производственных мощностей, созданы планы по модернизации предприятий, внедрению новых экологических и энергосберегающих технологий. Внедрение комплексов высокопроизводительных горных машин и механизмов привело к снижению общей численности работающих. Произошло сокращение и отток рабочих с горнодобывающих комбинатов Крайнего Севера.

Для выполнения подземных работ по добыче рудных полезных ископаемых внедряются мощные буровые и погрузочные машины, а при открытых работах — мощные экскаваторы, погрузочно-конвейерные комплексы, большегрузные карьерные автосамосвалы. В то же время широкая модернизация основного производства за счет использования как отечественного, так и импортного современного оборудования может менять традиционный характер труда рабочих ведущих профессий, выраженность неблагоприятных факторов рабочей среды и трудового процесса. В этих

условиях особую актуальность приобретают исследования по гигиенической оценке оборудования на всех этапах производства, современных условий труда и состояния профессиональной заболеваемости, а также разработка мер по снижению профессиональных рисков нарушения здоровья работников горнорудных предприятий.

Цель исследования — на основании комплексной оценки производственных факторов рабочей среды и трудового процесса дать характеристику современных условий труда, определить уровни профессиональной заболеваемости, ее структуру у работников, занятых подземной и открытой добычей рудных полезных ископаемых.

Материалы и методы. Проведены гигиенические исследования по оценке производственных факторов на рудниках и карьерах в разных регионах. Измерения запыленности воздуха на рабочих местах, уровней шума и вибрации, параметров микроклимата и других факторов рабочей среды были выполнены в соответствии с действующими методическими указаниями и руководством Р. 2.2.2006–05. Представлен анализ отчетных материалов аттестации условий труда рабочих мест, специальной оценке условии труда, профессиональной заболеваемости по предприятиям, входящим в Горно-металлургический профсоюз России (ГМПР). Обобщение материалов профессиональной заболеваемости выполнено с 2013 по 2018 гг. с расчетом показателей профессиональной заболеваемости на 10 тыс., прошедших ПМО, и всех работающих. Рассчитан средний стаж и возраст до установления диагноза ПЗ. Дан анализ внезапной смерти от общего заболевания на рабочих местах предприятий, входящих в ГМПР.

Результаты. Динамические исследования Института на рудных шахтах показывают, что основным неблагоприятным производственным фактором при выполнении подземных работ является пыль, образование которой имеет место при всех основных процессах добычи руд. Концентрации пыли на рабочих местах колеблются в широких пределах (0,6–37,5 мг/м^3) и зависят от применения комплекса противопылевых средств. На шахтах Крайнего Севера, где практически все производственные операции выполняются без использования средств борьбы с пылью, запыленность воздуха при буровых работах достигает десятков, сотен мг/м^3 [1].

На рудниках, где используется самоходное оборудование с дизельными двигателями, атмосфера загрязняется не только пылью, но и компонентами выхлопа, представляющими собой пылегазовый аэрозоль сложного состава. Помимо повышенного содержания оксидов азота, альдегидов в воздухе рабочих зон обнаружен 3,4-бензапирен, концентрации которого могут превышать ПДК до 5–10 раз. В навесках пыли были выявлены и другие полициклические ароматические углеводороды, обладающие высокой активностью [2]. В последние годы в связи с ужесточением в США норм выбросов для дизельных двигателей, изменением потенциальной опасности действия выбросов на здоровье и, в первую очередь, канцерогенной [3], для данных предприятий весьма актуальна оценка риска развития злокачественных новообразований у работников, обслуживающих эти машины в замкнутых подземных выработках.

При ведении открытых горных работ содержание пыли, выхлопных газов на рабочих местах существенно ниже, имеет сезонные колебания и, как правило, не превышает ПДК.

При подземных и открытых работах все виды горного оборудования генерируют шум, локальную или общую вибрацию. Шумовибрационный фактор был и остается ведущим. Параметры шума в среднем превышают допустимые значения на 15–18 дБ, а виброускорение — до 5–8 дБ. Особенно велики параметры шума и вибрации

Таблица 1 / Table 1

Сравнение результатов измерений действующих уровней звукового давления в кабинах карьерного оборудования
Comparison of results of measurements of the existing sound pressure levels in the cabins quarry equipment

Тип оборудования, точки и условия измерения	Уровень звукового давления, дБ, в октавных полосах частот, Гц									$L_{А,экв.изм}$, дБ	Характер шума
Экскаватор ЭКГ10 (1998 г.), в кабине, погрузка руды в автомобили	86	83	78	77	75	72	72	69	68	78	Импульсный
Экскаватор ЭКГ10 №4 (2018 г.), в кабине, погрузка руды в автомобили	89,0	75,5	73,5	67,8	64,3	60,1	56,8	52,7	48,8	66,6	Импульсный
Экскаватор ЭКГ8И (1998 г.), в кабине, погрузка руды в вагоны	93	89	81	80	77	72	72	70	66	80	Непостоянный
Экскаватор ЭКГ8 №148 (2018 г.), в кабине, погрузка руды в вагоны	85,7	76,4	69,8	68,5	65,5	61,2	57,5	51,0	43,2	67,0	Непостоянный
Экскаватор ЭКГ8 №146 (2018 г.), в кабине, погрузка руды в автомобили	90,8	77,7	72,8	71,1	72,0	65,8	62,8	56,3	47,5	71,0	Импульсный
Экскаватор ЭКГ18 №12 (2018 г.), в кабине, погрузка руды в автомобили	97,2	84,9	74,5	69,4	68,9	69,7	64,4	59,9	52,0	73,0	Импульсный
Бульдозер ДЭТ 250, в кабине, работа в забое	–	101	94	93	87	86	83	72	72	90	Импульсный
Бульдозер Т–35 № 327 (2018 г.), в кабине, работа в забое	106	92,0	90,8	84,4	81,2	76,7	71,4	66,0	60,5	83,1	Импульсный
Карьерный самосвал БелАЗ 75 т, кабина	–	98	90	83	81	78	76	69	63	84	Непостоянный
Карьерный самосвал БелАЗ 180 т №131 (2018г.), кабина, движение с грузом	93,8	86,9	78,9	73,0	72,7	66,3	61,9	60,2	50,4	75,0	Непостоянный
Карьерный самосвал БелАЗ 180 т №131 (2018г.), кабина, движение порожняком	94,8	85,5	79,7	74,8	74,2	69,2	63,0	56,8	51,8	76,6	Непостоянный

при бурении шпуров и скважин. В тоже время исследования по оценке виброакустических факторов на модифицированных экскаваторах ЭКГ–8 и ЭКГ–10, самосвалах БелАЗ, выполненные на карьере «Лебединский» в 2018 г., показали, что действующие уровни шума и вибрации в кабинах существенно ниже, чем на выпускаемых 20–25 лет назад. Сравнение результатов измерений виброакустических факторов приведены в таблицах 1 и 2. В новых экскаваторах за счет герметизации кабин и применения новых материалов ее отделки, применения виброзащитных кресел, при погрузке руды в вагоны и автомобили уровни звука А составили 67–68 дБ (в старых кабинах —

Таблица 2 / Table 2

Сравнение результатов измерений действующих уровней виброускорения на сидениях машинистов карьерного оборудования

Comparison of the results of measurements of the existing levels of vibration acceleration on the seats of drivers of quarry equipment

Тип оборудования, точки и условия измерения	Ось	Уровень виброускорения, дБ							
		В октавных полосах частот, Гц							Корректированные эквивалентные уровни
		1	2	4	8	16	31,5	63	Wk, Wd
Экскаватор ЭКГ10 (1998 г.), на сидении машиниста, погрузка руды в автомобили	Z	–	110	106	108	111	120	121	113
	X	–	108	105	109	112	118	122	102
	Y	–	107	105	105	112	119	120	100
Экскаватор ЭКГ10 № 141 (2018 г.), на сидении машиниста, погрузка руды в автомобили	Z	87,7	100,3	105,9	105,7	98,3	93,4	92,0	109,1
	X	94,2	102,2	105,4	109,1	103,9	108,2	105,9	105,2
	Y	80,4	92,1	96,1	104,3	105,2	106,6	98,8	97,0
Экскаватор ЭКГ10 №4 (2018 г.), на сидении машиниста, погрузка руды в автомобили	Z	88,7	101,2	103,2	99,8	97,8	93,8	82,4	105,6
	X	93,5	101,8	106,9	104,1	105,7	102,7	96,1	104,4
	Y	78,8	88,5	101,9	102,7	98,0	96,9	95,1	97,3
Экскаватор ЭКГ8И (1998 г.), на сидении машиниста, погрузка руды в вагоны	Z	–	112	113	114	121	123	130	120
	X	–	109	112	114	117	122	128	107
	Y	–	110	111	116	119	124	126	107
Экскаватор ЭКГ8 №148 (2018 г.), на сидении машиниста, погрузка руды в вагоны	Z	96,7	100,1	104,3	106,1	103,9	95,1	88,3	109,4
	X	99,0	102,2	104,1	101,9	107,2	100,7	97,0	104,9
	Y	84,2	91,4	100,6	99,6	103,8	99,5	96,8	96,9
Экскаватор ЭКГ8 №146 (2018 г.), на сидении машиниста, погрузка руды в автомобили	Z	93,8	99,7	104,3	106,9	104,0	91,2	79,3	109,8
	X	99,2	102,8	107,3	104,2	104,1	100,7	96,2	106,1
	Y	85,7	92,3	98,3	101,9	105,4	98,8	98,1	96,7
Бульдозер ДЭТ 250, на сидении машиниста, работа в забое	Z	122	125	125	116	122	122	120	138,0
	X	110	118	119	110	115	114	115	120,3
	Y	113	120	120	110	115	114	115	122,7
Бульдозер Т–35 № 327 (2018 г.), на сидении машиниста, работа в забое	Z	97,3	106,5	114,5	114,7	114,6	108,4	104,8	119,0
	X	108,7	112,9	112,2	113,9	117,9	117,7	113,1	115,2
	Y	92,5	104,5	107,5	117,5	124,6	119,1	116,2	110,6
Карьерный самосвал БелАЗ 75т, на сидении водителя	Z	122	125	125	116	122	122	120	138,0
	X	110	118	119	110	115	114	115	120,3
	Y	113	120	120	110	115	114	115	122,7
Карьерный самосвал БелАЗ 180т №131 (2018 г.), на сидении водителя	Z	107,4	109,4	108,1	103,0	100,4	99,9	94,3	111,4
	X	99,1	101,2	101,1	107,0	107,6	112,4	107,3	105,2
	Y	85,0	89,7	104,5	102,2	98,9	110,4	104,2	100,3

80 дБ). Однако 5–10% машинистов выполняют работы по обслуживанию электромеханического оборудования в машинном отделении экскаватора, где уровни звука составляют 89–98 дБ. Вклад этого шума в экспозицию за рабочую смену становится определяющим. В то же время герметизация кабины приводит к росту уровней звукового давления в инфразвуковом диапазоне частот до 87–97 дБ в октавной полосе 16 Гц, что является причиной превышения ПДУ до 12 дБ при ПДУ 85 дБ.

На автомобиле БелАЗ превышение ПДУ на рабочем месте водителя автомобиля по уровню звука А составляет 6 дБ при ПДУ 70 дБ. Наибольший вклад в экспозицию шума за рабочую смену как по уровню шума, так и по продолжительности вносит период движения автомобиля с грузом.

На рабочем месте машиниста нового модификационного карьерного бульдозера Т35 превышение ПДУ шума по эквивалентному уровню звука А за рабочую смену составляет 7,5 дБ при ПДУ 80 дБ. Шум при работе в забое «импульсный», действующий эквивалентный уровень звука А составлял 83 дБ, максимальный «импульсный» — 109 дБ, пиковый уровень по частотной характеристике «С» — 133 дБ, что говорит о неудовлетворительной шумозащищенности кабины. Уровни звукового давления в инфразвуковом диапазоне частот достигали 108 дБ в октавной полосе 16 Гц, что является причиной превышения ПДУ до 13 дБ при ПДУ 95 дБ.

Измерение вибрационных характеристик используемого оборудования показало (табл. 2), что снижение действующих уровней общей вибрации обусловлено конструктивными особенностями виброзащитного кресла, локальной вибрации — установкой консолей управления на кресле, а не на полу кабины и в ряде случаев — покрытие рукояток контроллеров пенорезиной. На экскаваторах ЭКГ–8, ЭКГ–10 отмечено превышение ПДУ локальной вибрации до 4 дБ на рукоятках контроллеров, без покрытия виброгасящим материалом при установке консолей управления на полу кабины. Превышение ПДУ общей вибрации категории 2 (транспортно-технологическая) на сидениях экскаваторов отмечено не было.

На рабочем месте самосвала БелАЗ грузоподъемностью 180 т превышения ПДК общей вибрации категории 1 (транспортная) не выявлено. Имело место превышение ПДК локальной вибрации на рулевом колесе до 3 дБ по оси У. Наибольший действующий уровень вибрации на рулевом колесе составил 132 дБ по оси У в период движения порожняком.

На рабочем месте машиниста бульдозера Т35 корректированные эквивалентные уровни виброускорения за рабочую смену на сидении составили 118 дБ по вертикальной оси Z, соответственно превышение ПДУ общей вибрации категории 1 (транспортная) — 3 дБ при величине ПДУ 115 дБ. Наибольшие измеренные уровни виброускорения отмечены при работе в забое по оси Z — 119 дБ корректированного по Wk и 115 дБ в октавных полосах частот 8 и 16 Гц и по осям X и Y 118–119 дБ в октавных полосах частот 16 и 31,5 Гц. На органах управления за рабочую смену корректированные эквивалентные уровни виброускорения составили до 128 дБ при ПДУ 126 дБ.

Таким образом, полученные шумовибрационные характеристики на модернизированных обследованных машинах, воздействующих на работников в условиях неблагоприятных микроклиматических условий, требуют уточнения и оценки рисков возникновения профессиональных заболеваний, обоснования соответствующих требований к организации труда, машинам и механизмам.

Использование на горнодобывающих предприятиях мощного оборудования приводит к увеличению производительности труда, снижению тяжести труда, создает условия для физических стрессовых перегрузок работающих (сердечно-сосудистая и нервно-психическая системы, опорно-двигательный аппарат и др.) по управлению машинами и механизмами в специфических условиях горных выработок. При постоянном нервно-эмоциональном состоянии возможен риск для жизни. В организме машинистов наблюдается непрерывная адаптационная перестройка при движении машин, что требует совершенствования и разработки критериев проведения психофизиологического профотбора, рациональных режимов труда и отдыха с учетом тяжести и напряженности труда рабочих отдельных профессиональных групп в различных условиях. Увеличивающиеся нервно-психические нагрузки по управлению машинами и механизмами в забоях в условиях продолжительной рабочей смены (на карьерах, как правило, она составляет 12 часов) требуют обоснования оптимальных режимов труда и отдыха работников, мер по сохранению работоспособности и профилактики перенапряжения отдельных органов и систем организма.

Комплексные исследования по оценке факторов производственной среды и трудового процесса при выполнении подземных и открытых горных работ на многих объектах показали, что по выраженности действия отдельных факторов, условия труда работников основных профессий относятся к 3 (вредному) классу 2–4 степени вредности. На предприятиях Крайнего Севера условия труда отягощены и работники имеют более выраженный уровень профессионального риска.

Анализ и обобщение материалов ГМПР по специальной оценке условий труда на предприятиях подземной и открытой добычи руд показал, что произошло сокращение числа рабочих мест с вредными условиями труда по сравнению с результатами ранее проводимой аттестации рабочих мест (АРМ) без проведения существенных инженерно-технических и санитарно-гигиенических мероприятий [4]. При ведении как подземных, так и открытых горных работ количество рабочих мест с вредными условиями труда сократилось, особенно класса 3.3 и 3.4. Полученные результаты СОУТ требуют совершенствования и доработки положений методики проведения СОУТ (№33 от 24.01.2014 г.) с учетом требований гигиенических нормативных и методических документов.

Общеизвестно, что показателем состояния условий труда на рабочих местах является уровень профессиональной заболеваемости (ПЗ) на предприятиях. Высокие уровни ПЗ объясняются не только спецификой и отягощенностью условий труда горнорабочих, но и обостренностью в последние годы решением социальных проблем при изменении форм собственности (обеспеченность работающих средствами индивидуальной защиты, лечебно-профилактическим питанием, закрытием медсанчастей, профилакториев).

Анализ отчетных материалов ПЗ на горнодобывающих предприятиях, где осуществляет свою деятельность ГМПР за последние шесть лет показал, что уровень ПЗ остается высоким (табл. 3). По предприятиям подземной добычи руды средний показатель ПЗ составлял 111,2 случая за анализируемый период. На карьерах показатели ПЗ стабильнее и более чем в 4 раза ниже, чем у подземных рабочих. Полученные данные убедительно доказывают, что профессиональный риск у лиц, занятых на подземных работах, очень высокий, а уровни производственных факторов существен-

но могут превышать гигиенические нормативы. Пылевой и шумовибрационный факторы остаются ведущими и определяют уровень профессиональной патологии.

При анализе материалов (табл. 3) следует отметить расхождение на 18–32% показателей ПЗ у всех работающих и у работников с вредными условиями труда, которые подлежат регистрации только по новому законодательству ПМО. Поэтому в отчетных статистических материалах показатели ПЗ правильно рассчитывать на прошедших ПМО, что позволит получить более объективные данные об уровне ПЗ у работников предприятий.

Анализ структуры основных видов профессиональной патологии на горнорудных предприятиях показал, что у подземных рабочих первое ранговое место занимают ПЗ бронхолегочной системы и составили 30,1% от числа выявленных ПЗ. На открытых работах эти заболевания диагностировались в 2 раза реже.

На карьерах у машинистов экскаватора, бульдозера, водителей карьерных автосамосвалов регистрация вибрационной болезни (ВБ) составляла 48,3%. У бурильщиков, проходчиков и ГРОЗ, занятых на подземных работах, регистрация ВБ была ниже (27,7%). Чрезмерные физические нагрузки у рабочих рудника и карьера обусловливают развитие заболеваний от перенапряжения отдельных органов и систем. В структуре ПЗ они составили 22,6–24,5%.

В профессиональном разрезе при ведении подземных работ чаще всего ПЗ регистрируются у бурильщиков (36,3%) и ГРОЗ (31,1%), на карьерах — у машинистов экскаваторов (41,5%), водителя карьерного автосамосвала (26,9%). ПЗ развиваются преимущественно в возрасте 50 лет и стаже работы 20 лет в профессии и более. У рабочих подземных профессий ПЗ развиваются в более ранние сроки (23,6–24,2) и возрасте 48 лет, чем у рабочих карьера (25,6–27,6) и возрасте 55 лет.

Анализ материалов показал, что как у рабочих рудника, так и карьера ПЗ регистрировались у лиц, на рабочих местах которых условия труда характеризовались преимущественно классом 3.3 и 3.4. В последние два года, когда в отчетных материалах представлялись результаты СОУТ, ПЗ регистрировались на многих предприятиях в классе 3.1 и 3.2.

Залогом сохранения здоровья работников, их трудового долголетия, как показывают многие исследования, являются безопасные условия труда. Поскольку вредные условия труда ведут к формированию не только профессиональных заболеваний, но и увеличивают смертность от общих заболеваний. В последние годы в эпидемиологических исследованиях установлено увеличение стандартизованного относительного риска (СОР) смерти у рабочих ведущих профессий шахтеров-угольщиков, металлургов [5,6].

В свете рассматриваемых проблем, в ходе мониторинга расследования несчастных случаев на предприятиях, входящих в ГМПР, выявилось увеличение случаев смерти на рабочих местах вследствие заболевания общего характера. Анализ случаев внезапной смерти работников во время работы на территории предприятий от общих заболеваний показывает, что с 2010 г. умерли 556 человек (погибли от травм на производстве 545 человек). С 2015 г. число случаев смерти на рабочем месте от общего заболевания стало превышать число случаев гибели на производстве вследствие несчастных случаев (табл. 4). Согласно материалам Роструда в 2017 г. на 5% имел место рост смерти

Таблица 3 / Table 3

Показатели профессиональной заболеваемости на предприятиях подземной и открытой добычи руд с 2013 по 2018 гг.

Indicators of occupational morbidity at the enterprises of underground and open ore mining from 2013 to 2018

Вид предприятия	Показатель заболеваемости на 10 тыс. работающих, прошедших медосмотр						
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Средние за годы наблюдения
Подземная добыча руд	106,1* 87,4	107,2 80,9	116,9 89,3	95,7 74,5	115,3 88,8	125,1 107,7	111,2 102,7
Открытая добыча руд	28,1 21,4	24,1 18,7	28,7 19,8	22,7 20,5	20,6 14,8	15,8 13,1	23,3 18,1

Примечание: * числитель — на 10 тыс., прошедших ПМО; знаменатель — всех работающих

Note: * numerator — on 10 thousand, past PMO; denominator — all working

Таблица 4 / Table 4

Смертность работников от производственного травматизма на рабочем месте и общего заболевания на предприятиях горно-металлургического комплекса с 2014 по 2018 гг.

Mortality of workers from industrial injuries in the workplace and General illness at the enterprises of the mining and metallurgical complex from 2014 to 2018

Показатель	Год				
	2014	2015	2016	2017	2018
Общая численность работников, входящих в ГМПР	707216	678346	663587	644796	637713
Показатель смертности от производственного травматизма на 1000 работающих	0,097	0,072	0,079	0,074	0,079
Показатель внезапной смертности на рабочих местах на 1000 работающих	0,073	0,082	0,091	0,082	0,102
Средний возраст, лет	52,3	48,2	48,6	51,6	48,6
Показатель смертности на рабочем месте от заболеваний сердечно-сосудистой системы на 1000 работающих	0,069	0,075	0,078	0,075	0,084
Средний возраст, лет	53,4	48,8	49,8	52,8	50,1

на работе по сравнению с 2016 г. В основном причина смерти на рабочем месте являются болезни сердца (75%) и сосудов (8%).

Как видно из табл. 4, показатель смертельного травматизма с 2014 по 2018 гг. сокращается, в то время как показатель смертности на рабочем месте увеличивается (темп роста составил 1,39). Средний возраст умерших на рабочем месте колеблется от 48,2 до 52,3 года. Анализ полученных материалов показывает, что в 80–90% случаев смерть наступает от заболеваний сердечно-сосудистой системы (ССС).

Показатель смертности на рабочем месте (табл. 5) от заболеваний ССС на 1000 работающих на горно-металлургических предприятиях растет (0,069 до 0,084 случая) и существенно выше, чем в других производствах. Так, уровень внезапной смерти среди работников группы машинистов, водителей и их помощников ОАО «РЖД» за последние 12 лет составил всего 0,01 случая на 1000 работающих [7].

Анализ материалов в профессиональном разрезе показал, что количество умерших рабочих горячих цехов (сталевары, помощники, обжигальщики и др.) составляет 10,26%, а лиц, занятых подземной и открытой добычей руд — 3,1%. В тоже время среди умерших количество рабочих ремонтных профессий (слесари, электрики и др.) составляет 39,1%, а сотрудников инженерно-технических служб — 18,1%.

Эффективный способ сократить смертность на рабочих местах — это диспансеризация работников, которая направлена на раннее выявление заболеваний и корректировку рисков у лиц трудоспособного возраста. Работодатель обязан создать условия на производстве, в коллективе по сокращению уровня физического воздействия шума, действия пыли, токсических веществ и других вредных производственных факторов, а также проведение мероприятий по снижению нервного напряжения, переутомления на работе, стрессовых нагрузок, которые снижают риск внезапной смерти.

Выводы:

1. Интенсификация горных работ в последние годы, комплексное влияние неблагоприятных факторов производственной среды и трудового процесса обусловливают отягощенные условия труда, повышенные уровни профессиональной заболеваемости. Условия труда работников горнорудных предприятий характеризуются классом 3 (вредные) 2–4 степени.

2. Высокие показатели профессиональной заболеваемости, особенно при выполнении подземных работ, обостренность в последние годы социальных проблем на этих предприятиях требуют от заинтересованных организаций, работодателей расширения финансирования исследований, направленных на совершенствование, обоснование гигиенических требований к процессам и горному оборудования по снижению факторов риска смерти на рабочих местах, переформатирования системы мер по снижению профессиональных и общих заболеваний, улучшению качества проведения медицинских осмотров работников.

3. Необходимо совершенствование форм медицинского обслуживания горняков в отдаленных районах страны, системы санаторно-курортного лечения с учетом условий и характера труда горнорабочих, внедрение программ послесменной реабилитации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бухтияров И.В., Чеботарев А.Г. Проблемы медицины труда на горнодобывающих предприятиях Сибири и Крайнего Севера. *Горная промышленность.* 2013; 111 (5): 77–82.

2. Чеботарев А.Г., Горячев Н.С., Гришина Е.В., Бардина О.С. Загрязнение воздушной среды рудников, использующих самоходную технику с дизельными двигателями, полициклическими углеводородами. *Гигиена труда и профзаболевания.* 1989; 10: 34–6.

3. Рак В.И. МАИР: Канцерогенный выхлоп дизельных двигателей IARS-International Agency for Research on Cancer http://masters.donntuorg/2013/fkita/rak/library/article7.htm.

4. Сокур О.В., Дурягин И.Н., Чеботарев А.Г. Вопросы специальной оценки условий труда на предприятиях горно-металлургического комплекса России. *Металлург.* 2018; 6: 4–7.

5. Сериков В.В., Закревская А.А., Богданова В.Е., Колягин В.Я. Проблема внезапной смерти работников локомотивных бригад ОАО «РЖД». *Евразийский Союз Ученых (ЕСУ).* 2016; 29: 57–64.

6. Яковлева Т.П. Оценка влияний условий труда на предстоящую продолжительность жизни работников. *Ученые записки Российского государственного социального университета.* 2009; 5: 15–20.

7. Тихонова Г.И., Пиктушанская Т.Е., Горчякова Т.Ю., Чаранова А.Н., Брылева М.С. Влияние длительности и интенсивности воздействия производственных факторов на уровни смертности у шахтеров-угольщиков. *Мед. труда и пром. экол.* 2018; 7: 16–21.

REFERENCES

1. Bukhtiyarov I.V., Chebotarev A. G. Problems of labor medicine at mining enterprises of Siberia and the Far North. *Gornaya promyshlennost'.* 2013; 111 (5): 77–82.

2. Chebotarev A.G., Goryachev N. With., Grishina E.V., Bardin O.S. Pollution of the who-stuffy environment of the mines using self-propelled machinery with diesel engines, polycyclic hydrocarbons. *Gigiena truda i profzabolevaniya.* 1989; 10: 34–6.

3. Rak V.I. IARC: Carcinogenic diesel exhaust IARS-International Agency for Research on Cancer http://masters. donntu. org/2013/fkita/rak/library/article7.htm.

4. Sokur O.V., Durjagin I. N., Chebotarev A. G. special assessment of working conditions at the enterprises of mining-metallurgical complex of Russia. *Metallurg.* 2018; 6: 4–7.

5. Serikov V.V., Zakrevskaya A.A., Bogdanova V.E., Kolyagin V.Ya. the Problem of death of workers of locomotive crews of JSC «Russian Railways». *Evrazijskij Soyuz Uchyonykh (ESU).* 2016; 29: 57–64.

6. Yakovleva T.P. Assessment of the impact of working conditions on the upcoming life expectancy of employees. *Uchyonye zapiski Rossijskogo gosudarstvennogo sotsial'nogo universiteta.* 2009; 5: 15–20.

7. Tikhonova G.I., Piktushanskaya T.E., Gorchakova T.Y., Taranova A.N., Bryleva M.S. Effect of duration and intensity of occupational exposure on the mortality of the miners-miners. *Med truda i prom. ekol.* 7: 16–21.

Дата поступления / Received: 10.06.2019
Дата принятия к печати / Accepted: 28.06.2019
Дата публикации / Published: 24.07.2019

ДИСКУССИИ

DOI: http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-7-430-432
УДК 622.807
© Кудряшов В.В., 2019

Кудряшов В.В.

Измерение массы пыли, вдыхаемой работниками в период трудового процесса

ФГБУН «Институт проблем комплексного освоения недр им. Н.В. Мельникова» РАН, Крюковский тупик, 4, Москва, Россия, 111020

Изложен способ измерения массы вдыхаемой за смену пыли при многократных разовых измерениях концентрации. Показана недостоверность результатов, получаемых при использовании среднесменных концентраций. Даны рекомендации по достоверному измерению массы пыли, попадающей в легкие за рабочую смену.
Ключевые слова: *вдыхаемая пыль; масса; среднесменные концентрации; ошибки измерения*
Для цитирования: Кудряшов В.В. Измерение массы пыли, вдыхаемой работниками в период трудового процесса. *Мед. труда и пром. экол.* 2019; 59 (7). http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-7-430-432
Для корреспонденции: *Валерий Викторович Кудряшов,* вед. науч. сотр., проф., д-р техн. наук. E-mail: kudr_ipkon@mail.ru
Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.
Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Valeriy V. Kudryashov

Measurement of dust inhaled by workers during the work process

N.V. Melnikov Institute of Comprehensive Mineral Resources Exploitation, 4, Kryukovsky End, Moscow, Russia, 111020

A method for measuring the mass of dust inhaled per change at multiple one-time concentration measurements is presented. It is shown that the results obtained using the average concentration are unreliable. Recommendations for a reliable measurement of the mass of dust that enters the lungs per shift.
Keywords: *respirable dust; mass; time-weighted average concentration; measurement error*
For citation: Kudryashov V.V. Measurement of dust mass inhaled by workers during the labor process. *Med. truda i prom. ekol.* 2019; 59 (7). http://dx. doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-7-430-432
For correspondence: *Valery V. Kudryashov,* leading researcherved, prof., Dr. of Sci. (Tech.) E-mail: kudr_ipkon@mail.ru
Funding: The study had no funding.
Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

При оценке вредности пыли и риска заболевания пневмокониозами определяется масса вдыхаемой пыли [1–3]. Она выражается через концентрацию n, мг/м^3; объемную скорость легочной вентиляции q, дм^3/мин; время пребывания человека в запыленной атмосфере t, мин:

$$m=nqt\times1000, \text{ мг} \quad (1)$$

Концентрация пыли n определяется весовым методом:

$$n=(P_2'-P_1')/q'\times t', \quad (2)$$

где P_1' и P_2' — масса фильтра до и после отбора пробы, мг; q' — объемная скорость протягивания воздуха через фильтр аспиратором, дм^3/мин; t' — время отбора пробы, мин.

Теперь масса пыли, поступающей в легкие,

$$m=[(P_2'-P_1')/q'\times t']\times qt\times1000, \text{ мг}, \quad (3)$$

где qt — объем легочной вентиляции.

Когда отбор пыли происходит в течение рабочей смены непрерывно, то есть, когда $q'\times t'=qt$, то масса отобранной пыли $m=P_2-P_1$.

При определении массы пыли, попадающей в легкие, не учитывались ошибки измерения величин, входящих в расчетную формулу (3), однако для достоверности получаемых результатов необходимо знать, с какой точностью определяется пылевая нагрузка на организм. Относительная предельная ошибка определения массы пыли m, попадающей в легкие, выражается формулой

$$dm/m=d(P_2'-P_1')/(P_2'-P_1')+dq'/q'+dt'/t'+dq/q+dt/t \quad (4)$$

Проанализируем эти ошибки.

Так как объем легочной вентиляции принимается с учетом установления тяжести труда, то величинами dq/q и dt/t можно пренебречь. Ошибка измерения объемной скорости прокачки воздуха dq'/q' по данным [4] не более 3%, а ошибка измерения массы пыли, отобранной аспиратором, вычисляется по формуле:

$$d(P_2'-P_1')/(P_2-P_1)=dP_2'/(P_2'-P_1')+dP_1'/(P_2'-P_1') \quad (5)$$

При взвешивании абсолютные ошибки dP_1' и dP_2' равны между собой, поэтому

$$d(P_2'-P'_1)/(P_2'-P_1')=2\,dP_{1,2}'/(P_2'-P_1') \quad (6)$$

За ошибку dP_1' и dP_2' можно принять чувствительность аналитических весов, равную, например, 0,05 мг.

Для получения достоверных величин массы вдыхаемой пыли вес пробы, отобранной в течение рабочей смены должен быть много больше чувствительности весов: $P_2–P_1>>dP$.

Подсчитаем, какая масса пыли будет отобрана за смену (6 ч) при объемной скорости прокачки воздуха аспиратором АЭРА q=20 дм^3/мин, чтобы измерить, например, технически достижимый уровень запыленности воздуха, равный 150 мг/м^3. Масса пылевого осадка на фильтре составит m=nqt=150×20×60×6/1000=1080 мг. Такая нагрузка на фильтры АФА-ВП недопустима [1,2]. Поэтому при высокой запыленности воздуха приходится многократно в течение смены отбирать пыль на фильтры и рассчитывать среднесменную концентрацию, а затем и массу отобранной пыли за смену.

Оценим ошибку определения массы пыли m_{cc}, которая может попасть в легкие, когда в расчетах используются среднесменные концентрации n:

$$m_{cc}=n_{cc}qt, \quad (7)$$

где q — объемная скорость легочной вентиляции, зависящая от тяжести труда; t — суммарное время отбора проб пыли в течение смены.

Теперь

$$m_{cc}=n_{cc}qt=[(n_1t_1+n_2t_2+...+n_it_i+...+n_kt_k)/(t_1+t_2+...+t_i+...+t_k)]qt\times1000. \quad (8)$$

Здесь t — продолжительность смены в минутах, равная $t=t_1+t_2+\ldots+t_i+\ldots+t_k$.[1]

После подстановки t в (8) и произведенного сокращения получим

$$m_{cc}=qn_1t_1+qn_2t_2+\ldots+qn_it_i+\ldots+qn_kt_k. \quad (9)$$

В этом выражении каждое из слагаемых представляет собой массу пыли, отобранной при измерении разовых концентраций

$$m_{cc}=m_1+m_2+\ldots+m_i+\ldots+m_k. \quad (10)$$

Относительная ошибка m_{cc} будет равна сумме ошибок слагаемых

$$dm_{cc}/m_{cc}=dm_1/m_1+dm_2/m_2+...+dm_i/m_i+...+dm_k/mk \quad (11)$$

или

$$dm_{cc}/m_{cc}=\sum_{i=1}^{i=k}dm_i/m_i$$

В формулах (9), (10) и (11) индекс k означает количество разовых измерений концентрации в течение смены.

Сравним погрешности определения массы пыли, осажденной на фильтр в течение всей смены, с погрешностью этой же массы, полученной при многократных отборах проб.

В первом случае

$$d_m/m=2dP/(P_2–P_1), \quad (12)$$

во втором — погрешность

$$dm_{cc}/m_{cc}=\sum_{i=1}^{i=k}2dP^i/(P_2^i–P_1^i) \quad (13)$$

Здесь dP^i и dP_i^i — погрешности взвешивания, равные чувствительности весов, P_2 и P_1 — масса фильтра до и после отбора проб пыли.

Очевидно, что погрешность во втором случае всегда больше, чем в первом, так как она равна сумме погрешностей разовых измерений, и еще потому, что всегда

$$P_2–P_1>P_2^i–P_1^i. \quad (14)$$

[1] Отбор проб происходит последовательно в течение всей смены, объемная скорость и время прокачки воздуха через каждый фильтр одинаковые при разовых измерениях концентрации. Это условие оговорено в [2].

Если погрешности разовых измерений массы отобранной пыли равновеликие, то погрешность измерения массы пыли, отложившейся за смену, в k раз больше той, которая получается в результате непрерывного отбора пыли в течение смены:

$$dm_{cc}/m_{cc}=k2dP/(P_2–P_1). \quad (15)$$

Так как допустимые погрешности измерения массы угольной пыли составляют 30% [3], то при трехкратном (k=3)[2] отборе проб пыли за смену погрешность составит 30×3=90%. При отборе проб в течение смены (6 часов) по 30 минут каждой их число будет k=12. А погрешность измерения массы пыли, отобранной за смену, составит 30×12=360%.

Таким образом, определение пылевой нагрузки при многократных разовых измерениях приводит к неверным результатам, и в этом случае возникает необходимость внести поправки в ГОСТ Р 54578–2011, ОСТ 153–12.0–004–01, а также Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Вместо определения среднесменных концентраций следует измерять напрямую массу пыли, отбираемой за смену, при помощи индивидуальных пылеотборников или аспираторов с низкой и стабильной производительностью по воздуху в течение всей смены.

Расчеты массы вдыхаемой пыли следует производить по формулам:

$$m=[(P_2–P_1)/q_0]q \quad (16)$$

или

$$m=[(P_2–P_1)/Q_0]Q \quad (17)$$

где q_0 — объемная скорость прокачки воздуха через фильтр сепаратора или индивидуального пылепробоотборника; q — объемная скорость легочной вентиляции работающего в запыленной атмосфере; Q — объем легочной вентиляции за рабочую смену; Q_0 — объем воздуха, прокачанного аспиратором или индивидуальным пылепробоотборником.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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

2. ГОСТ Р 54578–2011 Воздух рабочей зоны. Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия. Общие принципы гигиенического контроля и оценки воздействия.

3. ОСТ 153–12.0–004–01. Рудничная атмосфера. Методы контроля запыленности.

4. Иванов Е.С., Кудряшов В.В. Аспиратор-пылепробоотборник с индикацией объема прокаченного воздуха и концентрации пыли ПП–2У. *Сб. трудов XIII Международной конференции. «Технология, оборудование и сырьевая база предприятий промышленности строительных материалов»*. М.; 2008: 335–8.

REFERENCES

1. Guidelines for the hygienic assessment of the working environment and labor process. Criteria and classification of working conditions. P2.2.2006–05 M.; 2005.

2. GOST R 54578–2011 The air of the working area. Aerosols predominantly fibrogenic action. General principles of hygienic control and impact assessment.

[2] Отбирать пробы менее трех раз за смену не рекомендуется [2].

3. OST 153–12.0–004–01. *Mine atmosphere. Dust control methods.*

4. Ivanov E.S., Kudryashov V.V. *Aspirator-dust sampler with indication of the volume of pumped air and dust concentration PP–2U. Collections of works of XIII International Conference «Technology, equipment and raw material base of the enterprises of the industry of construction materials»*. Moscow; 2008: 335–8

Дата поступления / Received: 05.06.2019
Дата принятия к печати / Accepted: 03.07.2019
Дата публикации / Published: 24.07.2019

DOI: http://dx. doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-7-433-437

УДК 575.85.856:616.24–003.661:622.33

© Коллектив авторов, 2019

Бондарев О.И.[1,2], Бугаева М.С.[1,2], Казицкая А.С.[1], Филимонов Е.С.[1], Кан С.Л.[2]

Аспекты гистогенеза кониотического процесса у работников основных профессий угольной промышленности

[1]ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний», ул. Кутузова, 23, Новокузнецк, Россия, 654041;
[2]Новокузнецкий государственный институт усовершенствования врачей — филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, пр-т Строителей, 5, Новокузнецк, Россия, 654005

Введение. В пульмонологии пылевой бронхит рассматривается как первичный процесс, не связанный с кониотическим воспалением легких. Современные исследования указывают на патогенетическое и патоморфологическое единство содружественных кониотических проявлений в легких и бронхах, подводя к пониманию пневмосклероза с позиции эпителиально-мезенхимальной трансформации.

Цель исследования — изучение гистогенетических аспектов кониотического процесса у работников угольной промышленности, имеющих различный стаж работы в условиях запыленной рабочей среды.

Материалы и методы. Осуществлено гистологическое и морфометрическое исследование компартментов легких и бронхов, полученных при судебно-медицинских экспертизах 80 шахтеров различных стажевых групп и 20 лиц контрольной группы. Дополнительно проведено иммуногистохимическое исследование биопсийного и аутопсийного материалов бронхов 60 шахтеров со стажем работы от 5 до 30 лет с целью определения в эпителиальном компоненте непрофильных белков виментина, десмина и актина.

Результаты. Выявлено, что у шахтеров со стажем работы от 1 года до 5 лет межальвеолярные перегородки утолщены. Отмечается развитие перибронхиального фиброза, мышечный слой воздухопроводящих структур гипертрофирован, базальная мембрана утолщена. В части бронхов эпителий уплощен. Сосуды легких с гипертрофией медии, эндотелиоциты увеличены. В периваскулярных пространствах наблюдается разрастание фиброзной ткани. Плевра незначительно утолщена. Во всех структурах отмечается отложение угольной пыли. У шахтеров, имеющих стаж работы от 5 до 10 лет, изменения прогрессируют, эпителий части бронхов с явлениями субатрофии. С увеличением стажированности до 10–20 лет в респираторной части легких формируются мелкие зоны склероза. В стенке бронхов отмечается разрастание соединительнотканных волокон. У шахтеров со стажем работы свыше 20 лет в ткани легких развивается выраженный пневмосклероз. Для воздухопроводящих структур характерны гипертрофия мышечной пластинки, утолщение базальной мембраны, фиброз перибронхиальной ткани и стенки бронха, слизистая оболочка резко уплощена. Сосуды легких имеют утолщенные стенки за счет гипертрофических изменений и фиброзной деформации. Плевра разволокнена, утолщена.

Проведенное иммуногистохимическое исследование бронхов горнорабочих показало, что в зависимости от стажа работы в слизистой оболочке увеличивается площадь экспрессии виментина, десмина и актина.

Выводы. *Одновременное развитие однотипных патологических изменений в бронхах, сосудах малого круга кровообращения и респираторной ткани указывает на патогенетическую общность изменений при пневмокониозе. В результате проведенных иммуногистохимических реакций на выявление неспецифических для эпителиальных клеток бронхов белков получена четкая селективная окраска хромогеном. На основании рассчитанного процентного соотношения их площади экспрессии можно говорить о степени фиброзной трансформации.*

Ключевые слова: *пневмокониоз; пылевой бронхит; атрофическая бронхопатия; эпителиально-мезенхимальная трансформация*

Для цитирования: Бондарев О.И., Бугаева М.С., Казицкая А.С., Филимонов Е.С., Кан С.Л. Аспекты гистогенеза кониотического процесса у работников основных профессий угольной промышленности. *Мед. труда и пром. экол.* 2019; 59 (7). http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-7-435-439

Для корреспонденции: *Бондарев Олег Иванович,* зав. научно-исследовательской лаб. патологической анатомии, зав. каф. патологической анатомии и судебной медицины НГИУВ — филиал ФГБОУ ДПО «РМАНПО» Минздрава России; ст. науч. сотр. лаб. охраны здоровья работающего населения ФГБНУ «НИИ КПГПЗ», канд. мед. наук. E-mail: gis.bondarev@yandex.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Oleg I. Bondarev[1,2], Bugaeva M.S.[1,2], Kazitskaya A.S.[2], Filimonov E.S.[1], Kan S.L.[2]

Aspects of histogenesis of the coniotic process in workers of the main professions of the coal industry

[1]Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, 23, Kutuzova Str., Novokuznetsk, Russian Federation, 654041;
[2]Novokuznetsk State Institute for Further Training of Physicians — Branch Campus of FSBEI FPE «Russian Medical Academy of

Continuous Professional Education» of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, 5, Stroiteley Ave., Novokuznetsk, Russian Federation, 654005

Introduction. In pulmonology dust bronchitis is regarded as a primary process that is not associated with coniotic pneumonia. Modern studies point to the pathogenetic and pathomorphological unity of friendly coniotic manifestations in the lungs and bronchi, leading to the understanding of pneumosclerosis from the position of epithelial-mesenchymal transformation.
The purpose of this study was to histogenetic aspects coniotic process of coal industry employees having different work experience in the conditions of dusty working environment.
Materials and methods. Histological and morphometric study of lung and bronchial compartments obtained during forensic examinations of 80 miners of different experience groups and 20 persons of the control group was carried out. In addition, an immunohistochemical study of biopsy and autopsy materials of the bronchi of 60 miners with work experience from 5 to 30 years was carried out to determine non-core proteins vimentin, desmin and actin in the epithelial component.
Results. It is revealed that the interalveolar partitions of miners with experience from 1 year to 5 years are thickened. The development of peribronchial fibrosis is noted, the muscle layer of the air-conducting structures is hypertrophied, the basal membrane is thickened. In the bronchi epithelium flattened. Pulmonary vessels with hypertrophy of media, endothelial cells increased. In perivascular spaces there is a proliferation of fibrous tissue. The pleura is slightly thickened. Coal dust deposition is observed in all structures. In miners with work experience from 5 to 10 years, the changes progress, the epithelium of the bronchi with subatrophy phenomena. With an increase in internship up to 10–20 years in the respiratory part of the lungs, small areas of sclerosis are formed. In the wall of the bronchi there is a proliferation of connective tissue fibers. Miners with experience more than 20 years in the lung tissue develops a pronounced fibrosis. The air-conducting structures are characterized by hypertrophy of the muscular plate, thickening of the basal membrane, fibrosis of the peribronchial tissue and the bronchial wall, the mucous membrane is sharply flattened. The pulmonary vessels have thickened walls due to hypertrophic and fibrotic changes of the deformation. The pleura is fibrous, thickened.
The immunohistochemical study of the bronchi of miners showed that, depending on the length of work in the mucous membrane, the area of expression of vimentin, desmin and actin increases.
Conclusion. *The simultaneous development of the same type of pathological changes in the bronchi, vessels of the small circle of blood circulation and respiratory tissue indicates a pathogenetic community of changes in pneumoconiosis. As a result of the immunohistochemical reactions for the detection of non-specific epithelial cells of the bronchi proteins obtained clear of selective coloring Chromogen. Based on the calculated percentage of their expression area, we can talk about the degree of fibrous transformation.*
Key words: *pneumoconiosis; dust bronchitis; atrophic bronchopathy; epithelial-mesenchymal transformation*
For citation: Bondarev O.I., Bugaeva M.S., Kazitskaya A.S., Filimonov E.S., Kan S.L. Aspects of histogenesis of the coniotic process in workers of the main professions of the coal industry. *Med. truda i prom. ekol.* 2019; 59 (7). http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-7-435-439
For correspondence: *Oleg I. Bondarev,* Head of Research pathological anatomy laboratory, Head of Department of pathological anatomy and forensic medicine, senior researcher of laboratory of health protection of working population, Cand. of Sci. (Med.). E-mail: gis. bondarev@yandex.ru
Funding: The study had no funding.
Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

Введение. В настоящее время в пульмонологии пневмокониоз относится к группе интерстициальных заболеваний легких [1]. Пылевой бронхит при этом рассматривается как первичный процесс, не связанный с кониотическим воспалением. Развивающиеся атрофия и склероз всех структур бронхиальной стенки подразумевают наличие инфекционного фактора [2,3]. Другие авторы [4,5], напротив, говорят о патогенетическом и патоморфологическом единстве содружественных кониотических проявлений в легких и бронхах. Тканево-органный подход как к изолированной патологии только ткани респираторной структуры легких помешал различным концепциям стать системообразующими понятиями при создании теории единых бронхолегочных процессов.

Кроме того, методология диагностики пневмокониоза, основанная на рентгенологическом исследовании уплотнений в легких, не позволяет выявить системные проявления кониотического процесса на различных уровнях организации — от молекулярного до организменного. Современные исследования подводят к пониманию пневмосклероза с позиции принципиально нового механизма развития, а именно эпителиально-мезенхимальной трансформации (ЭМТ), для которой характерна невоспалительная сущность [6–10]. Основным источником развития фиброза в органах при этом являются активированные миофибробласты, образовавшиеся в результате ЭМТ [11–13]. Согласно литературным данным, первый этап данного процесса представляет собой разрушение эпителиальных межклеточных контактов [14,15]. Экспрессия эпителиальных генов подавляется одновременно с активацией экспрессии мезенхимальных генов. Происходит реорганизация структуры актина, клетки приобретают подвижность и способность к инвазии, изменяют свою форму. В конечном счете они получают фенотип фибробластов, разрушают эпителиальные слои и деградируют базальную мембрану, получают способность к выработке экстрацеллюлярного матрикса, накапливаясь в интерстиции ткани, участвуют в развитии фиброза [16, 17]. Данный процесс может быть отслежен обычной световой микроскопией не только по изменению внешнего вида эпителиальных клеток, но и по иммуногистохимическому выявлению в них маркеров, свойственных мезенхимальным клеткам: виментина, немышечного актина, десмина, альфа-гладкомышечного актина, N-кадгерина, накоплению в экстрацеллюлярном матриксе гликозаминогликанов, указывающих на менее зрелый характер соединительной ткани, что в совокупности свидетельствует о трансформации эпителиальных клеток в типичные фибробласты [18].

Цель исследования — изучение гистогенетических аспектов кониотического процесса у работников угольной

промышленности, имеющих различный стаж работы в условиях запыленной атмосферы.

Материалы и методы. Осуществлено гистологическое и морфометрическое исследование бронхолегочной ткани, полученной при проведении 80 судебно-медицинских экспертиз шахтеров, погибших одновременно при техногенной катастрофе. Возраст рабочих находился в диапазоне 22–64 лет, продолжительность вредного стажа составляла 1–30 лет. Профессии шахтеров относились к основным в угледобывающей отрасли. Все горнорабочие были разделены на группы по продолжительности работы в подземных условиях. К 1-й группе шахтеров были отнесены лица, имеющие подземный стаж работы от 1 года до 5 лет (n=20), ко 2-й — стаж от 5 до 10 лет (n=20), в 3-ю группу вошли шахтеры со стажем работы от 10 до 20 лет (n=20), 4-ю группу составили лица, имеющие стаж работы 20–30 лет (n=20). Группа контроля была сформирована из 20 случаев судебно-медицинских экспертиз мужчин г. Новокузнецка, погибших при автодорожной катастрофе, находившихся в возрасте не старше 25 лет, не имевших по результатам вскрытий органной патологии.

Приготовление образцов тканей для гистологического исследования было стандартным. Последующая морфометрия структур проводилось на микроскопе Olympus CX 31 (Япония) с цифровой видеокамерой Nikon digital sight — Fi 1 (Japan) с использованием компьютерной программы — Bio Vision 4.0 (производитель West Medica, Австрия). Оценивался диаметр каждого бронха и сосуда, на основании полученных результатов они были разделены на несколько групп: бронхи — диаметром до 500 микрон (мк) и от 500 до 1500 мк, сосуды — диаметром до 50 микрон, от 50 до 100 мк и от 100 до 250 мк. В структурах измерялись: толщина межальвеолярных перегородок, плевры, слизистой оболочки бронхов, стенки бронха, базальной мембраны, перибронхиального и периваскулярного фиброза, стенки сосуда, площадь клеток эндотелиального слоя.

Дополнительно проведено иммуногистохимическое исследование биопсийного и аутопсийного материалов бронхов 60 шахтеров со стажем работы от 5 до 30 лет с целью определения в эпителиальном компоненте наличия непрофильных белков семейства мышечных белков.

В работе использовался стандартный иммуногистохимический метод с применением мультимерной безбиотиновой системы детекции — REVEAL Biotin-Free Polyvalent DAB (производитель Spring Bioscience, США). Морфометрически определялся процент содержания в исследуемой ткани виментина, десмина и актина в отношении всего объема исследуемой эпителиальной ткани бронха. Результаты иммуногистохимической реакции оценивались в 10 полях зрения микроскопа, по 100 клеток в каждом, при различном увеличении. Статистическая обработка данных проведена с использованием программного обеспечения IBM SPSS Statistics 22 (лицензионный договор № 20/604/3–1 от 22.04.2016). Нормальность распределения количественных признаков проверялась с помощью показателей эксцесса и асимметрии. Сравнение полученных морфометрических показателей в двух независимых группах проводилось с помощью критерия Манна-Уитни (U). Критическое значение уровня значимости различий p=0,05.

Результаты и обсуждение. Респираторная структура легких шахтеров со стажем работы от 1 года до 5 лет представлена расширенными альвеолярными ходами с несколько утолщенными по сравнению с контрольной группой межальвеолярными перегородками (U=–10,78, p=0,001). Встречаются небольшие участки ателектазов и дистелектазов. В отдельных ацинусах наблюдается скопление макрофагов, содержащих угольную пыль, немногочисленные лимфоцитарные элементы и единичные гемосидерофаги.

Мелкие бронхиолы спазмированные, фестончатого вида. Базальная мембрана утолщена, мышечный слой представлен гипертрофированными волокнами с подчеркнутыми контурами последних и гиперхромией части ядер, в связи с чем стенка бронхов различного калибра резко превышает показатели контрольной группы (U=–6,87, p=0,001; U=–5,91, p=0,001). В перибронхиальных зонах отмечается разрастание фиброзно-волокнистой ткани с включением пылевых отложений, размеры которой в бронхах диаметром от 500 до 1500 микрон значительно превышают толщину их стенки. Слизистая оболочка воздухопроводящих структур мелкого калибра выстлана эпителием респираторного типа, однако в отдельных полях зрения его клетки слущены в просвет, имеют несколько уплощенный вид относительно значений контрольной группы (U=–7,26, p=0,001). В бронхах с хрящевой основой эпителий уплощен до низкого призматического (U=–10,08, p=0,001).

Сосуды легочных артерий с утолщенными стенками за счет гипертрофии гладкомышечной ткани, миоциты с подчеркнутыми контурами и увеличенными гиперхромными ядрами. Для некоторых структур характерна гомогенизация стенки с признаками плазморрагии. Отдельные сосуды спазмированные, имеют фестончатые контуры. В периваскулярных пространствах сосудов различного калибра отмечаются мелкие пылевые отложения и фиброзная ткань, по толщине статистически значимо превышающая контрольные значения (соответственно U=–4,69, p=0,001; U=–7,23, p=0,001; U=–5,48, p=0,001). Эндотелиальные клетки с несколько увеличенным объемом относительно контрольной группы выступают в просвет.

Плевра представлена разрыхленными соединительнотканными волокнами, незначительно утолщена по сравнению контрольными показателями (U=–10,70, p=0,001). В подплевральном пространстве имеются сектора с отложениями угольной пыли, формирующими лентовидные прослойки.

У шахтеров с большим стажем работы (от 5 до 10 лет) межальвеолярные перегородки утолщены более значительно, чем в предыдущей группе (U=–7,07, p=0,001). Просветы бронхов расширены, в отдельных полях зрения эпителий с явлениями субатрофии. Значения толщины слизистой оболочки бронхов всех калибров значимо меньше аналогичных показателей контрольной группы (U=–11,33, p=0,001; U=–5,99, p=0,001). Мышечный слой гипертрофирован. В перибронхиальных зонах отмечается более выраженное разрастание фиброзной ткани. Изменения в сосудах также прогрессируют.

Плевра утолщена менее значительно, чем в предыдущей группе, но статистически значимо превышает контрольные значения (U=–11,8, p=0,001), представлена разрыхленными соединительнотканными волокнами с дегенеративными изменениями и отложениями угольной пыли.

С увеличением стажированности (10–20 лет) в ткани легких развиваются обширные зоны ателектазов с формированием мелких и средних зон пневмосклероза, в которые вовлечены часть бронхов, средние и мелкие сосуды. В просвете альвеол наблюдается значительное количество макрофагов и гемосидерофагов. Бронхи расширены, с резким утолщением стенок. В мышечной пластинке отмечается разрастание тонких соединительнотканных волокон, формирующих мелкопетлистую структуру. Слизистая

оболочка бронхов всех калибров резко уплощена относительно предыдущей группы шахтеров (U=–6,3, *p*=0,001; U=–4,2, *p*=0,001). Базальная мембрана четко прослеживается, на отдельных участках гомогенизирована, частично расслоена. В подслизистом слое бронхов имеются дольки слизистых желез с нечеткими признаками гипертрофии их эпителия и выраженными фибропластическими изменениями. Часть мелких бронхов — деформированные, просветы их сужены за счет перибронхиального фиброза, особенно выраженного в бронхах калибром от 500 мк, его толщина статистически значимо превышает показатели предыдущей группы (U=–4, *p*=0,001). Плевра также утолщена более значительно (U=–5,8, *p*=0,001), представлена соединительнотканной основой с параллельно идущими пучками волокон.

Сосуды с резко утолщенными стенками относительно контрольных значений, а также показателей у шахтеров со стажем работы 5–10 лет в группе сосудов от 50 до 250 мк (соответственно U=–7,2, *p*=0,001; U=–6,9, *p*=0,001). Волокна медии наложены друг на друга, в некоторых полях зрения формируются элементы повышенной клеточности мышечного компонента. Эндотелиальные клетки выбухают в просвет, увеличены в объеме как относительно показателей контрольной, так и второй группы шахтеров в сосудах диаметром до 50 микрон (U=–3, *p*=0,003). Фиброз периваскулярных зон приводит к частичной деформации просветов сосудов легочной артериальной системы, содержит в себе циркулярные отложения пыли в виде мелких и крупных солидных очагов.

У шахтеров, имеющих стаж работы свыше 20 лет, в ткани легких развиваются выраженные фибропластические изменения в виде очагов склероза, состоящих из тесно переплетающихся коллагеновых волокон с множественными пылевыми частицами. В зоне фиброза располагаются мелкие и среднего размера частично деформированные сосуды. Бронхи с резко утолщенными стенками, как относительно значений контрольной группы, так и показателей рабочих со стажем 10–20 лет в группе воздухопроводящих структур диаметром от 500 до 1500 мк (U=–4, *p*=0,001), за счет выраженных фибропластических изменений в перибронхиальных зонах, склероза и гипертрофии мышечной ткани. Слизистая оболочка с практически полным исчезновением бокаловидных клеток уплощена более значительно по сравнению со значениями предыдущей группы шахтеров (U=–4,6, p=0,001; U=–2,3, *p*=0,02). Базальная мембрана бронхов утолщена. В подслизистом слое также имеются признаки склеротических изменений. Сосуды всех калибров — с утолщенными относительно контрольных значений стенками (U=–8,49, *p*=0,001; U=–6,49, *p*=0,001; U=–6,76, *p*=0,001) за счет гипертрофических изменений медии и нерезко выраженной фиброзной деформации, распространяющейся на периваскулярные пространства, в которых имеются концентрически расположенные угольные отложения. Плевра разволокнена, резко утолщена относительно контрольной группы (U=–12,34, *p*=0,001). Субплевральное пространство содержит пылевые частицы.

Проведенное иммуногистохимическое исследование бронхов горнорабочих с различной степенью выраженности фибропластических изменений показало, что при стаже работы 5 лет площадь экспрессии моноклональных антител виментина, десмина и актина в слизистой оболочке трахеобронхиального дерева составляет 12% от всего объема эпителиальной ткани бронха, а при стажированности рабочих около 30 лет — 31–34% от общего объема исследуемой ткани. Полученные результаты позволяют создать представления о наличии фиброза в бронхах на основе различий системной детекции моноклональных антител, не являющихся специфическими для эпителиальных клеток, которые могут трансформироваться в различные в фенотипическом отношении клеточные генерации, способные вызывать фибропластические изменения в дыхательной системе. Соответственно, по высокой детекции последних можно судить о степени фиброзной трансформации: от легкой (10–20%) до тяжелой степени (свыше 31%).

Выводы:

1. В течение первых лет работы в подземных условиях в респираторной структуре легких отмечается развитие выраженного макрофагального воспаления и фиброза, а также поражение плевры в сочетании с отложениями угольной пыли. Генерализованная атрофия слизистой оболочки бронхов без признаков вирусно-бактериального воспаления соответствует понятию «атрофическая бронхопатия» и является специфическим проявлением кониотического процесса в стенке бронха.

2. Одновременное развитие пневмокониоза, атрофической бронхопатии, эндотелиоза, гипертрофии гладкомышечных клеток в легочных сосудах и бронхах указывает на патогенетическую общность изменений в воздухопроводящих структурах, сосудах малого круга кровообращения и респираторной ткани и свидетельствует о системности кониотического процесса.

3. Гипертрофия гладкомышечных элементов в бронхах и легочных сосудах сочетается с выраженным перибронхиальным и периваскулярным склерозом и может рассматриваться как проявление кониотического процесса.

4. Эндотелиоз и гипертрофия гладкомышечных клеток легочных артерий создают условия для повышения сосудистого сопротивления и давления в легочной артерии.

5. На основании рассчитанного процентного соотношения площади экспрессии моноклональных антител виментина, десмина и актина в слизистой оболочке трахеобронхиального дерева можно говорить о степени фиброзной трансформации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Илькович М.М., Кокосова А.Н., ред. Интерстициальные заболевания легких. Санкт-Петербург: Нормзидат; 2005.

2. Измеров Н.Ф., ред. Руководство по профессиональным заболеваниям. Москва: Медицина; 1983.

3. Милишникова В.В. Критерии диагностики и решение экспертных вопросов при профессиональном бронхите. *Мед. труда и пром. экол.* 2004; (1): 16–21.

4. Малашенко А.В. О взаимосвязи пневмокониоза и пылевого бронхита при формировании патологии легких. *Мед. труда и пром. экол.* 2006; (1): 22–5.

5. Наумова Л.А., Пушкарев С.В., Белов И.Ю., Паутова Я.В. Атрофическая бронхопатия как структурно-функциональный маркер дис-регенераторных процессов в слизистой оболочке бронхов. В кн.: *Медико-биологические аспекты мультифакториальной патологии: Материалы Российской научной конференции с международным участием.* Курск; 2006: 334–8.

6. Василенко И.В., Брук Б.Б., Гульков Ю.К., Кондратюк Р.Б., Запорожченко Н.В., Щукина Е.В. Эпителиально-мезенхимальная и другие трансформации в норме и патологии. *Патологія (Украина)*. 2012; 6(2): 4–10.

7. Selman M., King T.E., Pardo A. Idiopathic pulmonary fibrosis: prevailing and evolving hypotheses about its pathogenesis and implications for therapy. *Ann. Intern. Med.* 2001; 134(2): 136–51.

8. Guarino M., Tosoni A., Nebuloni M. Direct contribution of epithelium to organ fibrosis: epithelial-mesenchymal transition. *Hum. Pathol*. 2009; 40 (10): 1365–76.

9. Corvol H., Flamein F., Epaud R., Clement A., Guillot L. Lung alveolar epithelium and interstitial lung disease. *Int. J. Biochem. Cell Biol.* 2009; 41(8–9): 1643–51.

10. Königshoff M., Kramer M., Balsara N., Wilhelm J., Amarie O.V., Jahn A. et al. WNT1-inducible signaling protein–1 mediates pulmonary fibrosis in mice and is upregulated in humans with idiopathic pulmonary fibrosis. *J. Clin. Invest.* 2009; 119 (4): 772–87.

11. Huang Xi. Iron oxidative stress, and cell signaling in the pathogeneses of coal workers' pneumoconiosis, silicosis, and asbestosis. *Am. J. Biomed. Sci*. 2011; 3(2): 95–106.

12. Thiery J.P. Epithelial-mesenchymal transitions in tumour progression. *Nat. Rev. Cancer.* 2002; 2(6): 442–54.

13. Thiery J.P., Acloque H., Huang R.Y., Nieto M.A. Epithelial-mesenchymal transitions in development and disease. *Cell.* 2009; 139 (5): 871–90.

14. Lamouille S., Xu J., Derynck R. Molecular mechanisms of epithelial-mesenchymal transition. *Nat. Rev. Mol. Cell Biol*. 2014; 15 (3): 178–96.

15. Nieto M.A. Epithelial-Mesenchymal Transitions in development and disease: old views and new perspectives. *Int. J. Dev. Biol*. 2009; 53 (8–10): 1541–7.

16. Лазаревич Н.Л. Эпителиально-мезенхимальный переход при прогрессии гепатокарцином. *Вестник РОНЦ им. Н.Н. Блохина РАМН*. 2003; 14(3): 76–82.

17. Volkov K.S., Kramar S.B. Role of epithelial-mesenchymal transition in the pathogenesis of dermal wound healing. *Morphologia*. 2015; 9 (2): 7–10.

18. Пасечник Д.Г. Роль эпителиально-мезенхимального перехода в генезе хронической болезни почек и почечно-клеточного рака (проблемы и перспективы). *Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету. Серія: Медицина*. 2014; (6): 30–3.

REFERENCES

1. Ilkovich M.M., Kokosova A.N., eds. *Interstitial lung disease*. St. Petersburg: Normzidat; 2005 (in Russian)

2. Izmerov N.F., eds. *Occupational disease guidelines.* Moscow: Meditsina; 1983. (in Russian).

3. Milishnikova V.V. Criteria for diagnosis and solution of expert issues in professional bronchitis. *Med. truda i prom. ekol*. 2004; (1): 16–21 (in Russian).

4. Malashenko A.V. On the relationship of pneumoconiosis and mechanic bronchitis in the formation of pulmonary pathology. *Med. truda i prom. ekol.* 2006; (1): 22–5. (in Russian).

5. Naumova L.A., Pushkarev S.V., Belov I.Yu., Pautova Ya.V. Atrophic bronchopathy as a structural-functional marker of disregenerative processes in the bronchial mucosa. In: *Medical and biological aspects of multifactorial pathology: Materials of the Russian scientific conference with international participation*. Kursk; 2006: 334–8 (in Russian).

6. Vasilenko I.V., Bruk B.B., Gulkov Yu.K., Kondratyuk R.B., Zaporozhchenko N.V., Shchukina E.V. Epithelial-mesenchymal and other transformations in health and disease. *Patologiya (Ukraina)*. 2012; 6(2): 4–10. (in Russian)

7. Selman M., King T.E., Pardo A. Idiopathic pulmonary fibrosis: prevailing and evolving hypotheses about its pathogenesis and implications for therapy. *Ann. Intern. Med.* 2001; 134 (2): 136–51.

8. Guarino M., Tosoni A., Nebuloni M. Direct contribution of epithelium to organ fibrosis: epithelial-mesenchymal transition. *Hum. Pathol*. 2009; 40(10): 1365–76.

9. Corvol H., Flamein F., Epaud R., Clement A., Guillot L. Lung alveolar epithelium and interstitial lung disease. *Int. J. Biochem. Cell Biol*. 2009; 41(8–9): 1643–51.

10. Königshoff M., Kramer M., Balsara N., Wilhelm J., Amarie O.V., Jahn A. et al. WNT1-inducible signaling protein–1 mediates pulmonary fibrosis in mice and is upregulated in humans with idiopathic pulmonary fibrosis. *J. Clin. Invest.* 2009; 119(4): 772–87.

11. Huang Xi. Iron oxidative stress, and cell signaling in the pathogeneses of coal workers' pneumoconiosis, silicosis, and asbestosis. *Am. J. Biomed. Sci*. 2011; 3(2): 95–106.

12. Thiery J.P. Epithelial-mesenchymal transitions in tumour progression. *Nat. Rev. Cancer.* 2002; 2(6): 442–54.

13. Thiery J.P., Acloque H., Huang R.Y., Nieto M.A. Epithelial-mesenchymal transitions in development and disease. *Cell.* 2009; 139(5): 871–90.

14. Lamouille S., Xu J., Derynck R. Molecular mechanisms of epithelial-mesenchymal transition. *Nat. Rev. Mol. Cell Biol*. 2014; 15(3): 178–96.

15. Nieto M.A. Epithelial-Mesenchymal Transitions in development and disease: old views and new perspectives. *Int. J. Dev. Biol*. 2009; 53(8–10): 1541–7.

16. Lazarevich N.L. Epithelial-mesenchymal transition with hepatic carcinoma progression. *Vestnik Rossiyskogo onkologicheskogo nauchnogo tsentra imeni N.N. Blokhina RAMN*. 2003; 14(3): 76–82 (in Russian).

17. Volkov K.S., Kramar S.B. Role of epithelial-mesenchymal transition in the pathogenesis of dermal wound healing. *Morphologia*. 2015; 9(2): 7–10.

18. Pasechnik D.G. The role of epithelial-mesenchymal transition in the genesis of chronic kidney disease and renal cell carcinoma (problems and prospects). *Naukoviy visnik Mizhnarodnogo gumanitarnogo universitetu. Seriya: Meditsina*. 2014; (6): 30–3 (in Russian).

Дата поступления / Received: 01.04.2019
Дата принятия к печати / Accepted: 31.05.2019
Дата публикации / Published: 24.07.2019

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

DOI: http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-7-438-443

УДК 613.2:616.36

© Коллектив авторов, 2019

Абдикадирова Х.Р., Амреева К.Е., Калишев М.Г., Жаутикова С.Б.

Оценка эффективности алиментарной коррекции патологических изменений в печеночной ткани при воздействии производственной медьсодержащей пыли в эксперименте

НАО «Медицинский университет Караганды», ул. Гоголя, 40, Караганда, Казахстан, 1000

Изложены полученные результаты сравнительных исследований длительного влияния (динамики) полиметаллической пыли с содержанием 0,6% меди в цехах Балхашского горно-металлургического комбината на печень крыс. Эти данные о действии пыли с преимущественным содержанием меди 0,6% дают основание утверждать, что в печени уже на 30 сутки происходили изменения структуры, которые отражались метаболическими перестройками и характеризуются как срыв адаптации. Явления гепатита также имели место и на 90 сутки, однако эти изменения приводили к снижению скорости обменных процессов.

При микроскопическом исследовании показано, что длительное воздействие полиметаллической пыли с концентрацией меди 0,6% в организме приводит к выраженным изменениям в печени реактивного характера с последующей трансформацией в гепатит портального типа. Имеет место накопление меди в цитоплазме гепатоцитов; на 90 сутки количество пылевых частиц в гепатоцитах крыс увеличивается в 2,25 раза в сравнении с 30 сутками эксперимента. Это можно объяснить угнетением фагоцитарной функции макрофагов печени и путей элиминации пыли из организма. Последнее, в свою очередь, приводит к функционально-метаболическим повреждениям структурной составляющей органа. Нужно отметить, что важная роль в обезвреживании и выведении меди из клетки принадлежит лизосомам. Существует предположение, что медь повреждает лизосомальные мембраны и стимулирует выход ферментов из лизосом вследствие снижения числа митохондрий в клетке или ингибирования их ферментов.

Таким образом, воздействия полиметаллической пыли с концентрацией меди 0,6% в организме на ранних сроках приводит к изменениям в печени, в форме реактивного гепатита с последующей трансформацией в гепатит портального типа. Применение алиментарной коррекций замедляет развитие постнекротического фиброза в печени, также отмечалось достоверное уменьшение объемной доли фиброзированной ткани печени.

Ключевые слова: *полиметаллическая пыль; медь; морфология; печень; гепатоцит; гистология; фермент*

Для цитирования: Абдикадирова Х.Р., Амреева К.Е., Калишев М.Г., Жаутикова С.Б. Оценка эффективности алиментарной коррекции патологических изменений в печеночной ткани при воздействии производственной медьсодержащей пыли в эксперименте. *Мед. труда и пром. экол.* 2019; 59 (7). http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-7-440-445

Для корреспонденции: *Абдикадирова Хамида Рахимовна,* ассоцированный проф. каф. патологии НАО МУК, канд. мед. наук. E-mail: Abdikadirova@kgmu.kz

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Hamida R. Abdikadirova, Kymbat E. Amreeva, Marat G. Kalishev, Saule B. Zhautikova

Evaluation of the effectiveness of alimentary correction of pathological changes in hepatic tissue under the influence of industrial copper-containing dust in the experiment

Karaganda Medical University, 40, Gogolya str., Karaganda, Kazakhstan, 1000

The results of comparative studies of the long-term effect (dynamics) of polymetallic dust containing 0.6% copper in the shops of Balkhash mining and metallurgical combine on the liver of rats are presented. These data on the action of dust with a predominant copper content of 0.6% give reason to assert that in the liver for 30 days there were changes in the structure, which were reflected by metabolic rearrangements and are characterized as a failure of adaptation. The phenomena of hepatitis also took place on day 90, but these changes led to a decrease in the rate of metabolic processes.

Microscopic examination showed that long-term exposure to polymetallic dust with a copper concentration of 0.6% in the body leads to significant changes in the liver reactive character, followed by transformation into hepatitis portal type. There is an accumulation of copper in the cytoplasm of hepatocytes; on day 90, the number of dust particles in rat hepatocytes increases by 2.25 times compared to 30 days of the experiment. This can be explained by the inhibition of the phagocytic function of liver macrophages and ways to eliminate dust from the body. The latter, in turn, leads to functional and metabolic damage to the structural component of the organ. It should be noted that an important role in the neutralization and removal of copper from the cell belongs to lysosomes. There is an assumption that copper damages lysosomal membranes and stimulates the release of enzymes from lysosomes due to a decrease in the number of mitochondria in the cell or inhibition of their enzymes. Thus, the effects of polymetallic dust with a copper concentration of 0.6% in the body in the early stages leads to changes in the liver, in the form of reactive hepatitis with subsequent transformation into portal-type hepatitis. The use of alimentary

corrections slows down the development of post-necrotic fibrosis in the liver, and there was a significant decrease in the volume fraction of fibrotic liver tissue.

Key words: *polymetallic dust; copper; morphology; liver; hepatocyte; histology; enzyme*
For citation: Abdikadirova H.R., Amreeva K.E., Kalishev M.G., Zhautikova S.B. Evaluation of the effectiveness of alimentary correction of pathological changes in hepatic tissue under the influence of industrial copper-containing dust in the experiment. *Med. truda i prom. ekol.* 2019; 59 (7). http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-7-440-445
For correspondence: *Khamida R. Abdikadirova*, Associate Professor, Department of Occupational Pathology of Karaganda Medical University, Cand. of Sci. (Med.). E-mail: Abdikadirova@kgmu.kz
Funding: The study had no funding.
Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

Введение. В народном хозяйстве Республики Казахстан (РК) традиционно широко используются цветные и редкие металлы, основным источником получения которых служат полиметаллические руды.

На Балхашском горно-металлургическом комбинате производится обогащение полиметаллической руды, поступающей из рудников Саяк и Коныpат. В состав производственной пыли входит боле 40 элементов земной коры, в том числе меди, с их количественным содержанием от единиц до десятых и десятитысячных долей процента.

Медь является одним из важнейших микроэлементов для организма животных и человека, поскольку входит в состав ряда митохондриальных цитохромов, обеспечивающих транспорт водорода по дыхательной цепи. Однако повышенное поступление меди оказывает неблагоприятный эффект на общее состояние организма [1–5].

Промышленная пыль, образующаяся в процессе добычи и переработки полиметаллических руд, представляет собой комбинацию различных неорганических соединений, части из которых присуще преимущественно фиброгенное действие, а другим — местное, резорбтивное и токсикохимическое воздействие. Такие многокомпонентные пыли содержат значительное число металлов различной токсичности и направленности в виде окислов, содержание которых обычно невелико и не превышает предельно допустимые значения [6–10].

Длительное вдыхание промышленной пыли приводит к образованию в легких «пылевого депо», содержащего основные компоненты полиметаллической руды. Контакт полиметаллической пыли со слизистыми оболочками верхних дыхательных путей, а затем задержка ее в ткани легких может быть причиной возникновения пылевого бронхита и пневмокониоза. Резорбтивное общетоксическое действие металлов является причиной нарушения обменных процессов, развития функциональных изменений со стороны нервной системы, печени и других органов [11–16].

Анализ отечественной и зарубежной литературы по данной проблеме показал, что материалы, посвященные комплексному изучению непосредственного влияния медьсодержащей полиметаллической пыли на структуру и функцию печени, малочисленны и фрагментарны.

Цель исследования — экспериментальная оценка влияния полиметаллической медьсодержащей пыли на морфологические изменения в печени и эффективности их алиментарной коррекции.

Материалы и методы. Модель эксперимента основана на использовании общепринятой методики, предполагающей однократное интратрахеальное введение лабораторным животным полиметаллической пыли известного спектрального состава (Cu–0,6%) с одинаковой дисперсностью и степенью окисленности в виде взвеси 50 мг пыли в 1,0 мл физиологического раствора. В эксперименте использовалась полиметаллическая пыль Балхашского горно-металлургического комбината. Контрольным животным вводился 1 мл физиологического раствора. Экспериментальная работа проводилась на беспородных белых крысах-самцах, с начальным весом 120–170 гр. Животные содержались на обычном рационе вивария.

Эксперимент проводилась в двух этапах. На первом этапе эксперимента изучалось морфофункциональное состояние ткани печени крыс (n=12), подвергавшихся воздействию медьсодержащей полиметаллической пыли различной продолжительности (30, 90 суток), и животных контрольной группы (n=12). Второй этап эксперимента посвящен изучению гепатопротекторного свойства специализированного продукта на фоне воздействия медьсодержащей полиметаллической пыли в течение 30 и 90 суток (n=12).

Экспериментальные животные были разделены на 5 групп: 1-я группа — контроль, интактные; 2-я группа — подвергшиеся воздействию полиметаллической пыли на 30 суток, 3-я — подвергшиеся воздействию полиметаллической пыли на 90 суток, 4-я — получившие специализированный продукт на фоне воздействия пыли 30 суток, 5-я группа — животным давали специализированный корректирующий продукт на фоне воздействия пыли в течение 90 суток.

Химический анализ пыли выявил содержание свободной двуокиси кремния — 2,5%, оксида аллюминия (AL_2O_3) _11%, оксида железа (Fe_2O_3) — 20%; оксида магния (MgO) — 0,03%, оксида натрия (Na_2O) — 0,03–0,05%, оксида калия (K_2O) — 4%, оксида титана (TiO_2) — 0,9–1,2%; оксида фосфора (P_2O_5) — 0,06–0,1%, оксида марганца (MnO_2) — 0,03–0,1%.

Разработана рецептура специализированного продукта «Адапт-ЦМ» и технические условия для специализированных продуктов направленного действия (ТУ 3510 РК 39550455 — РГКП–01–2004 «Специализированные продукты питания на основе пшеничных отрубей, люцерны и липидно-белковых экстрактов мозга животных «АДАПТ»).

Продукт состоит из комплекса природных компонентов в определенном соотношении. Ингредиенты (гомогенат головного мозга животного происхождения / зерна рыжика посевного / рутин / корни солодки голой / листья люцерны посевной / лизин / отруби пшеничные) смешивались в пропорции (г/100 г продукта): 21:21:0,5:7,75:21:7,75:21. В результате получался порошок коричневато-зеленоватого цвета, из которого готовились брикеты массой 6 г. В 100 г готового продукта содержалось 15,2 г белка, 12,6 г жира и 17,0г углеводов, калорийность составляла 269,1 ккал.

Специализированный продукт «Адапт-ЦМ» применялся как дополнительный компонент питания к традиционному общевиварному рациону для экспериментальных крыс, подвергавшихся воздействию пыли, с целью коррекции дозы, не превышавшей 1/10 суточной дозы пищи (в среднем — 6 г сухого продукта).

Таблица 1

Морфометрические показатели состояния ткани печени животных при воздействии медьсодержащей пыли на фоне алиментарной коррекции в течение 30 суток

Morphometric indicators of the liver tissue of animals under the influence of copper-containing dust on the background of alimentary correction for 30 days

Показатель	1 группа	2 группа	4 группа
	n=6	*n=6*	*n=6*
Vv некрозов	0,010±0,0001	3,20±0,61*	2,44±0,52**
Vv инфильтратов	0,010±0,008	1,21±0,15*	1,39±0,56***
Vv портальных трактов	4,800±0,230	5,30±0,27*	6,11±1,49
Vv дистрофически измененных гепатоцитов	1,090±0,010	21,7±0,63*	11,42±1,54*#
Vv двухъядерных клеток	0,010±0,001	0,23±0,05**	1,78±0,50***###
Vv фиброза	0,110±0,005	0,31±0,005*	0,27±0,14

Примечания: Vv — объемная доля; достоверность различий между контролем и опытными группами 1, 2, 4; * — p<0,001; ** — p<0,01; *** — p<0,05. Достоверность различий между 2 и 4; # — p<0,001; ### — p<0,05.

Notes: Vv — volume fraction; Significance of differences between control and experimental groups 1, 2, 4; * — — p<0.001; ** — — p<0.01; *** — — p<0.05. Significance of differences between 2 and 4; # — p<0.05; ## — p<0.001

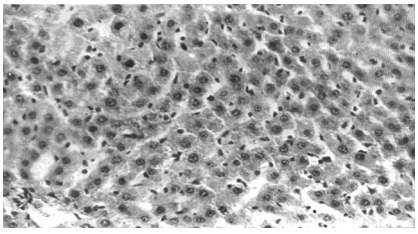

Рис. 1. 30-е сутки эксперимента. Белковая дистрофия гепатоцитов, гипертрофия клеток Куфпера, нарастание количество двухядерных гепатоцитов. Окраска гемотоксилин с эозином. Ув. 16 × ок. 7

Fig. 1. 30th day of the experiment. Protein dystrophy of hepatocytes, hypertrophy of cells Kupper, the growing number of dual-core hepatocytes. Coloring hematoxylin with eosin. HC. 16 × approx. 7

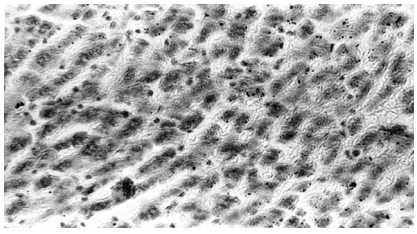

Рис. 2. 30-е сутки эксперимента. Бензидиновая проба на медь, выраженное снижение депонированной меди. Ув. 16 × ок. 7

Fig. 2. 30th day of the experiment. Benzidine test for copper, a marked decrease in deposited copper. HC. 16 × approx. 7

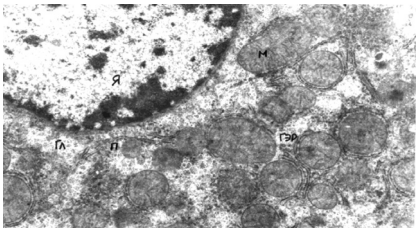

Рис. 3. 90 сутки эксперимента: Ядро (Я) с частыми порами, узким перинуклеарным пространством. Митохондрии (М)-делящиеся, сохранные и дегенеративно измененные. ГЭР-гранулярно эндоплазматический ретикулум, Гл-гликоген, П-пероксисома. Ув. × 11000

Fig. 3. 90 days of the experiment: Nucleus (I) with frequent pores, narrow perinuclear space. Mitochondria (M)-dividing, preserved and degeneratively altered. GER-granularly endoplasmic reticulum, GL-glycogen, P-peroxisome. HC. × 11000

Все экспериментальные крысы получали пищу с энергетической ценностью 95,9 ккал. Рацион составлялся соответственно общепринятым нормативам [17]. Животным, не получавшим алиментарную коррекцию специализированным продуктом «Адапт-ЦМ», дополнительно к общевиварному рациону ежедневно давали 3,94 г глюкозы, что соответствовало по калорийности 6 г специализированного продукта «Адапт-ЦМ» (16,15 ккал).

По окончании срока эксперимента животных забивали методом мгновенной декапитации.

Для оценки действия исследуемой пыли и алиментарной коррекции на организм подопытных животных использовался комплекс морфологических, морфометрических, гистохимических и электронно-микроскопических методов (JEMA 100B, JEMA 100CX (Япония) и ЭВМ–100Л при ускоряющем напряжении 75–80 кв.).

Результаты. На 30 сутки эксперимента микроскопические, морфометрические и гистохимические исследования ткани печени крыс показали достоверные различия значений показателей, характеризующих патоморфологические компоненты неспецифического реактивного гепатита в экспериментальных группах животных с алиментарной коррекцией на фоне воздействия медьсодержащей полиметаллической пыли и без нее.

Морфометрические изменения ткани печени крыс, представленные в таблице 1, свидетельствуют, что в 4 группе лабораторных животных наблюдается увеличение Vv некроза в 244 раза (p<0,01), Vv инфильтратов — в 139 раз (p<0,05), Vv дистрофически измененных гепатоцитов — в 10,48 раза (p<0,001), Vv двухъядерных клеток — в 178 раз (p<0,01) в сравнении с контрольной группой. Различие значений показателей Vv портальных трактов и Vv фиброза не достоверны. В сравнении со 2 группой в 4 группе отмечается понижение Vv дистрофически измененных гепатоцитов на 47,37% (p<0,001), а Vv двухъядерных клеток повышен в 7,74 раза (p<0,05).

При микроскопическом исследовании ткани печени по сравнению с контрольной группой изменения были менее выраженными. Некрозы паренхимы носили мелкоочаговый характер, воспалительно-клеточная инфильтрация портальных трактов была умеренной. По-прежнему имели место белковая дистрофия гепатоцитов, гипертрофия клеток Куфпера, сохранялось полнокровие синусоидальных капилляров. Нарастало количество двухядерных гепатоцитов (рис. 1).

Таблица 2 / Table 2

Морфометрические показатели ткани печени животных при воздействии 1 пыли на фоне коррекции 90 суток
Morphometric indicators of liver tissue of animals under the influence of 1 dust on the background of correction 90 days

Показатель	1 группа	3 группа	5 группа
	n=6	*n*=6	*n*=6
Vv некрозов	0,010±0,0001	5,22±0,47*	3,70±1,02**
Vv инфильтратов	0,010±0,008	3,95±0,26*	2,98±0,39*
Vv портальных трактов	4,800±0,230	5,47±0,46	6,97±1,09
Vv дистрофически измененных гепатоцитов	1,090±0,010	29,1±2,87*	17,21±0,78*##
Vv двухъядерных клеток	0,010±0,001	3,14±0,63**	4,17±0,62**
Vv фиброза	0,110±0,005	1,46±0,15*	1,11±0,31***

Примечания: Vv — объемная доля; достоверность различий между контролем и опытными группами 3, 5: * — p<0,001; ** — p<0,01; *** — p<0,05; достоверность различий между 3 и 5; ## — p<0,01.

Notes: Vv — volume fraction; significance of differences between control and experimental groups 3, 5: * — p<0.001; ** — p<0.01; *** — p<0.05; 3. Significance of differences between 3 and 5; ##— p<0.01.

Бензидиновая проба на медь оставалось положительной, но, как показал количественный анализ, выраженность ее заметно снижалось (рис. 2).

На 30-е сутки эксперимента у крыс на фоне алиментарной коррекции в гепатоцитах обнаруживается 2 пылевые частицы, что в 2 раза меньше, чем в чистой группе, подвергшейся воздействию пыли. На 90-е сутки эксперимента увеличивается количество пылевых частиц в 3 раза в гепатоцитах в сравнении с аналогичной группой 30-дневного эксперимента (6 пылевых частиц). Однако в сравнении с чистой группой, подвергшейся воздействию пыли, наблюдается уменьшение количества пылевых частиц в гепатоцитах в 1,83 раза.

При гистохимическом исследовании ткани печени отмечалось увеличение содержания гликогена в цитоплазме большинства клеток, что носило мозаичный характер его распределения. У крыс 4 и 2 групп достоверных различий в активности ферментов не обнаружено. В отличие от крыс 2 группы в 4 группе гликоген повышается на 31,65% (p<0,05).

При электронно-микроскопическом исследовании печени на фоне воздействия полиметаллической пыли с концентрацией меди 0,6% в течение 30 суток эксперимента ядра печеночных клеток были крупными. Они содержали ядрышко с нуклеолонемной структурой и гранулярным компонентом, отражающими возрастание его активности с ядерной волнистой оболочкой.

В гиалоплазме содержалось большое число митохондрий круглой, продолговатой формы, наблюдались гигантские митохондрии. Они содержали матрикс слегка повышенной плотности, многочисленные кристы и расценивались как «энергезированные», обеспечивающие активно протекающие в клетке восстановительные биосинтетические процессы. В цитоплазме были видны многочисленные узкие канальцы ГЭР, везикулы и пузырки АГЭР, миелиноподобные структуры, лизосомы, обилие свободных рибосом. Появлялись осмиофильные розетки гликогена.

Таким образом, на фоне алиментарной коррекции через 30 суток эксперимента значительно усиливался энергетический потенциал митохондрий гепатоцитов. Они адекватно обеспечивали активно протекающие в ядре и гиалоплазме реакции белкового и углеводного синтеза. Восстанавливались ультраструктура канальцев ГЭР, связанная с синтезом специфических белков. Высокая активность ядра, ядрышка, обилие рибосом в гиалоплазме свидетельствовали об активном синтезе пластических белков. Появление лизосом отражало высокий уровень обменных процессов в печеночных клетках.

На 90-е сутки эксперимента при микроскопическом, морфометрическом исследовании ткани печени животных, получавших алиментарную коррекцию на фоне воздействия медьсодержащей полиметаллической пыли, выявлено, что в 5 группе относительно контрольной группы также наблюдается увеличение Vv некроза в 370 раз (p<0,01), Vv инфильтратов — в 298 раз (p<0,001), Vv дистрофически измененных гепатоцитов — в 15,79 раза (p<0,001), Vv двухъядерных клеток — в 417 раз (p<0,01), Vv фиброза — в 10,09 раз (p<0,05). Vv портальных трактов достоверно не изменяются. В сравнении с 3 группой достоверных изменений морфометрических показателей не выявлено (табл. 2).

На этом сроке эксперимента при гистохимическом исследовании ткани печени животных, получавших алиментарную коррекцию на фоне воздействия медьсодержащей полиметаллической пыли, выявлено, что в 5 группе крыс уровень ферментов и гликогена достоверно не отличаются от их уровня в 3 группе (табл. 3).

Таблица 3 / Table 3

Показатели исследуемых ферментов при воздействии медьсодержащей полиметаллической пыли на фоне коррекции 90 суток эксперимента
Parameters of enzymes under the influence of copper-containing polymetallic dust on the background of correction of 90 days of the experiment

Показатель	1 группа	3 группа	5 группа
	n=6	*n*=6	*n*=6
КФ	0,422±0,022	0,112±0,011	0,304±0,028***
СДГ	0,436±0,024	0,126±0,012	0,371±0,027***
ЛДГ	0,474±0,022	0,142±0,012	0,428±0,049***
ГЛ–6-ФДГ	0,318±0,033	0,114±0,010	0,283±0,021***
Гликоген	0,802±0,041	0,184±0,015	0,691±0,020***

Примечание: * — достоверности различий между 3 и 5 (различие в сравнении с контролем статистически значимо по t-критерию Стьюдента (p<0,05))

Note: * — reliability of differences between 3 and 5 (the difference in comparison with the control is statistically significant by t student criterion (p<0.05))

Электронно-микроскопическое исследование печени экспериментальных животных после приема алиментарного корректора на фоне воздействия полиметаллической

медьсодержащей пылью в течение 90 суток выявило наличие в гепатоцитах крупного ядра с ровными контурами ядерной оболочки, примаргинальное распределение конденсированного хроматина, узкое перинуклеарное пространство, заполненное хлопьевидным материалом повышенной электронной плотности, обильное присутствие рибосом на наружной ядерной мембране (рис. 3).

Многочисленные митохондрии характеризовались выраженным полиморфизмом формы, размеров и сохранности. Крупные и средней величины митохондрии имели четкие контуры наружной митохондриальной мембраны, немногочисленные концентрически расположенные кристы, мелкозернистый матрикс умеренной электронной плотности.

Гликогенные гранулы были упакованы в розетки и имели низкую электронную плотность. Синусоидальная поверхность гепатоцитов имела выступы и отростки, смазанные нечеткие контуры.

Эндотелиоциты также имели нечеткие контуры. Многочисленные клетки Купфера принадлежали к различным функциональным типам. Отмечены как зрелые, функционально активные макрофаги с многочисленными первичными и вторичными лизосомами, фагоцитарными вакуолями и ворсинчатой поверхностью, так и молодые формы макрофагов с крупным гиперхромным ядром, единичными крупными первичными лизосомами и множеством микротрубочек.

Таким образом, при комплексном гистоморфологическом микроскопическом исследовании выявлено, что в динамике опыта на фоне алиментарной коррекции имеет место явное защитное действие последнего, которое объясняется его мембраностабилизирующим действием на структуры макрофагов и печеночных клеток, а также адсорбирующим эффектом.

Результаты применения алиментарной коррекции с помощью специализированного продукта у животных, подвергшихся воздействию пыли, показали, что компоненты диеты оказали выраженное защитное действие на плазмалемму гепатоцитов. Как подтверждают морфометрические, гистохимические и общеморфологические характеристики, к концу эксперимента достоверно снижаются альтеративные изменения паренхимы клеток и фагоцитов, нарастают основные, функциональные параметры гепатоцитов. Возрастает активность исследуемых ферментов, увеличивается гликогенсинтезирующая функция печеночных клеток, увеличивается количество регенераторно-активных гепатоцитов. Полученные морфометрические данные позволяют говорить об относительной структурно-функциональной стабилизации мембран и мембранных компонентов печеночных и макрофагальных клеток.

В сравнении с опытными группами в обоих случаях изменения в ткани печени характеризовались преимущественно дистрофическими изменениями в паренхиме и умеренно выраженными воспалительными проявлениями в строме. Ультраструктурный анализ показал сочетание умеренных деструктивных и выраженных внутриклеточных регенераторных процессов в клетке. Исчезали деструктивные изменения органелл, появлялись активные формы митохондрий. Происходило усиление процессов, направленных на восстановление митохондрий, гранулярного эндоплазматического ретикулума и комплекса Голджи, что характеризует усиление детоксикационной функции печени.

Установлено, что компоненты специализированного продукта значительно снижают развитие постнекротического фиброза в печени.

Выводы:

1. На 30 сутки эксперимента на фоне алиментарной коррекции в гепатоцитах в сравнении с чистой группой, подвергшейся воздействию пыли, наблюдается уменьшение количества пылевых частиц в 1,83 раза.

2. После приема алиментарной коррекции на фоне воздействия полиметаллической медьсодержащей пыли в течение 90 суток в гепатоцитах печени было отмечено выраженное нарастание внутриклеточных регенераторных реакций, направленных на сохранение функциональной активности печени.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гусельников С.Р., Гоголева О.И., Липатов Г.Я., Адриановский В.И., Самылкин А.А. Профессиональная заболеваемость рабочих, занятых в получении рафинированной меди. *Мед. труда и пром. экол.* 2015; 9: 46–47.

2. Лозовая Е.В., Каримова Л.К., Гайнуллина М.К., Маврина Л.Н., Бейгул Н.А., Салимгареева Т.М. Гигиеническая оценка условий труда работниц горно-обогатительных фабрик. *Мед. труда и пром. экол.* 2015; 3: 121–7.

3.Садыков М. Н., Отаров Е. Ж., Асенова Л. Х., Маканова У. К., и др. Оценка условий труда работников горнорудной промышленности. *Мед. труда и пром. экол.* 2017; 3: 71–3.

4.Серебряков П.В., Карташев О.И., Федина И.Н. Клинико-гигиеническая оценка состояния здоровья работников производства меди в условиях Крайнего Севера. *Мед. труда и пром. экол.* 2016; 1: 25–8.

5. Липатов Г.Я., Адриановский В.И., Константинов В.Г., Гилева Ю.М. Смертность от злокачественных новообразований рабочих, занятых в обогащении медьсодержащих руд. *Уральский мед. жур*. 2010; 1(66): 5–7.

6. Измеров Н.Ф., Ковалевский Е.В., Рукавишников В.С. Промышленная пыль. Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия. В кн.: Измеров Н.Ф., Чучалин А.Г. (ред.). *Профессиональные заболевания органов дыхания.* М.: ГЭОТАР-Медиа; 2015:44–58.

7. Kavasaki HA. Mechanistic review of silica-indused inhalation toxicity. *Inhal Toxicol.* 2015; 27 (8): 363–77.

8. Панкова В.Б. Современные проблемы диагностики и экспертизы профессиональных заболеваний верхних дыхательных путей. *Вестник оториноларингологии*. 2015; (5): 14–8.

9. Шорин С.С. Факторы окружающей среды промышленных городов, ухудшающие здоровье населения, и пути их решения. *Вестник Карагандинского университета. Серия Биология. Медицина. География*. 2014; 2: 35–43.

10.Фаршатова Е.Р. Меньшикова И.А. Камилов Ф.Х. Влияние металлов, содержащихся в медно-цинковых колчеданных рудах, на метаболизм костной ткани. *Медицинский вестник Башкортостан*а. 2014; 9 (4): 57–9.

11. Павлов В.Н., Бекмухамбетов Е.Ж., Терегулова З.С., и др. К оценке репродуктивного здоровья мужчин, проживающих и работающих в условиях горнорудного техногенеза. *Медицинский вестник Башкортостана*. 2015; 10 (3): 103–5.

12. Татаева Р. К., Мусина А. А., Бурумбаева М. Б. Морфологическая характеристика ткани печени при ингаляционном воздействии полиметаллической аэрозоли конденсации. *Известия НАН РК. Сер. биол. и мед.* 2014; 4: 43–6.

13. Ибраева Л.К., Баттакова Ж.Е., Аманбекова А.У., Хантурина Г.Р. Характер изменения активности энергетических ферментов в крови крыс при действии мелкодисперсных аэрозолей полиметаллической пыли и алиментарной коррекции. *Фундаментальные исследования*. 2011; 9 (2): 251–3.

14. Шаймарданова Г.М. Перекисное окисление в легких, печени и почках крыс при хронической экспозиции полиметаллической пыли. *Успехи современного естествознания.* 2008; 8: 19–22.

15. Кузьмина Л.П., Измерова Н.И., Бурмистрова Т.Б., Дружинин В.Н. и др. Патоморфоз современных форм профессиональных заболеваний. *Мед. туда и пром. экол*. 2008; 6: 18–24.

16. Kupsha E.I. Morphofunctional characteristic of the nuclei of hepatocytes of mice with lead intoxication. *Международный. научно-исследовательский журнал* 2017; 11–3:27–2.

17.Козлякова Н.В. Руководство по кормлению лабораторных животных, подопытной птицы и продуцентов. М.; 1968.

REFERENCES

1. Guselnikov S. R., Gogoleva O. I., Lipatov G. Ya., Adrianovsky V. I., Samylkin A. A. Professional morbidity of workers engaged in obtaining refined copper. *Med. truda i prom. ekol.* 2015; 9: 46–47 (in Russian).

2. Lozova E.V., Karimova L.K., Gainullina M.K., Mavrina L.N., Bagul N. Ah. Salimgareeva T. M. Hygienic assessment of working conditions of workers of mining and processing plants. *Med. truda i prom. ekol.* 2015; 3: 121–127 (in Russian).

3. Sadykov M. N., Otarov E. Zh., Asenova L. X., Makanova U.K., et al. Assessment of working conditions of mining workers. *Med. truda i prom. ekol*. 2017; 3: 71–73 (in Russian).

4. Serebryakov P.V., Kartashev O.I., Fedina I.N. Clinical and hygienic assessment of the health of copper production workers in the Far North. *Med. truda i prom. ekol.* 2016; 1: 25–28 (in Russian).

5. Lipatov G.Ya., Adrianovsky V.I., Konstantinov V.G., Gilyova Yu.M. Mortality from malignant neoplasms of workers engaged in the enrichment of copper-containing ores. *Ural honey. zhur*. 2010; 1(66): 5–7.

6. Izmerov NF, Kovalevsky E.V., Rukavishnikov V.S. Industrial dust. Aerosols predominantly fibrogenic action. In the book: Izmerov N.F., Chuchalin A.G. (Ed.) Occupational respiratory diseases. M.: GEOTAR-Media; 2015:44–58 (in Russian).

7. Kavasaki HA. Mechanistic review of silica-indused inhalation toxicity. *Inhal Toxicol.* 2015;27(8):363–377 (in Russian).

8. Pankova V.B. Current problems of diagnosis and examination of occupational diseases of the upper respiratory tract. *Bulletin of Otorhinolaryngology*. 2015;(5):14–18 (in Russian).

9. Shorin S. S. Environmental factors of industrial cities that worsen the health of the population, and ways to solve them. Vectnik Karagandinskogo univerciteta. *Seria Biologia. Medicina. Giografia*. 2014; 2: 35–43. (in Kazakhstan)

10. Farshatova E. R. Menshikova I. A., Kamilov F. Kh. The influence of the metals contained in copper-zinc sulfide ores, on bone metabolism. *Medicinsci vectnic Bashkortostan*. 2014; 4: T 9: 57–59 (in Russian).

11. Pavlov V.N., Bekmukhambetov E. Zh., Teregulova Z. S., et al. To the evaluation of reproductive health of men living and working in the conditions of mining technogenesis. *Medicinsci vectnic Bashkortostan*. 2015; 3: T. 10: 103–105 (in Russian).

12. Tataeva R. K., Mussina A. A., Burumbaeva M. B. Morphological characteristics of liver tissue inhalation polymetallic aerosol condensation. News of the national academy of sciences of the republic of Kazakhstan series of biological and medical. 2014; 4(302): 43–46. (in Kazakhstan)

13. Ibrayeva L. K., Battakova J. E., Amanbekova A. U., Chanturia G. R. The character of energy changes in the activity of enzymes in the blood of rats under the action of finely dispersed aerosols of polymetallic dust and alimentary correction. *Fundamentalnaya issledovania*. 2011; 9 (part 2): 251–253 (in Russian).

14. Shaimardanova G. M. Peroxidation in the lungs, liver and kidneys of rats with chronic exposure of polymetallic dust. *Uspechy sovremennogo ectectvozhnania*. 2008; 8: 19–22; (in Russian)

15. Kuz'mina L.P., Izmerova N.I., Burmistrova T.B., Druzhinin V.N. i dr. Patomorfoz sovremennyh form professional'nyh zabolevanij**.** *Med***.** *tuda i prom***.** *Jekol*. 2008**;** 6**:** 18–24 (in Russian).

16. Kupsha E.I. Morphofunctional characteristic of the nuclei of hepatocytes of mice with lead intoxication. Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal 2017; 11–3: 27–2 (in Russian)

17. Kozlakova N. In. Manual feeding of laboratory animals, Guinea pig and poultry producers. M.; 1968 (in Russian).

Дата поступления / Received: 13.05.2019
Дата принятия к печати / Accepted: 21.06.2019
Дата публикации / Published: 24.07.2019

Краткие сообщения

DOI: http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-7-444-448

УДК 616.1–036.88:57.045

© Коллектив авторов, 2019

Ибраева Л.К., Рыбалкина Д.Х., Жанбасинова Н.М., Дробченко Е.А.

Медико-социальные потери лет от заболеваний системы кровообращения в промышленных регионах Казахстана

НАО «Медицинский университет Караганды», ул. Гоголя, 40, Караганда, Казахстан, 1000

Проведен анализ потери лет методом YLL (Years of Life Lost) от смертности населения в половозрастном аспекте по нозологиям класса болезней системы кровообращения в промышленных регионах Восточно-Казахстанской и Карагандинской областей Республики Казахстан. В динамике за 2011–2014 гг. установлено снижение смертности населения, что связано с повышением качества медицинской помощи.

Ключевые слова: *класс болезней системы кровообращения; смертность; показатель YLL; промышленный регион; экология*

Ключевые слова: *механизаторы сельского хозяйства; эргономические факторы; функциональные нарушения; профзаболевания; профилактика*

Для цитирования: Ибраева Л.К., Рыбалкина Д.Х., Жанбасинова Н.М., Дробченко Е.А. Медико-социальные потери лет от заболеваний системы кровообращения в промышленных регионах Казахстана. *Мед. труда и пром. экол.* 2019; 59 (7). http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-7-446-450

Для корреспонденции: *Рыбалкина Дина Хабибуллаевна*, асс. проф. каф. вн. болезней №3 НАО «МУК», канд. мед наук. E-mail: lab_epid_karaganda@mail.ru, ORCID: https://orcid. rg/0000–0002–2041–1259

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Lyazat K. Ibrayeva, Dina Kh. Rybalkina, Nina M. Zhanbasinova, Elena A. Drobchenko

Medical and social losses from diseases of the circulatory system in industrial regions of Kazakhstan

Karaganda Medical University, 40, Gogolya str., Karaganda, Kazakhstan, 1000

The analysis of the loss of years by YLL (Years of Life Lost) from the mortality of the population in the age and sex aspect of nosology class of diseases of the circulatory system in industrial regions of East Kazakhstan and Karaganda regions of the Republic of Kazakhstan (RK). In the dynamics for 2011–2014, a decrease in mortality was established, which is associated with an increase in the quality of medical care.

Key words: *class of diseases of the circulatory system; mortality; Yll indicator; industrial region; ecology*

For citation: Ibrayeva L.K., Rybalkina D.Kh., Zhanbasinova N.M., Drobchenko E.A. Medical and social losses from diseases of the circulatory system in industrial regions of Kazakhstan. *Med. truda prom. ekol.* 2019; 59 (7). http://dx. doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-7-446-450

For correspondence: *Dina H. Rybalkina,* Accosiate Professor of Department of internal diseases №3, Cand. of Sci. (Med.). E-mail: lab_epid_karaganda@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000–0002–2041–1259

Funding: The study had no funding.

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

Введение. Основным индикатором медико-демографических процессов общества является смертность. Преждевременная смертность снижает ожидаемую продолжительность жизни. Высокая смертность от болезней системы кровообращения, регистрируемая на протяжении последних десятилетий в ряде регионов Казахстана (рис. 1), требует внедрения эффективных программ профилактики и лечения социально-значимых сердечно-сосудистых заболеваний. Для визуализации неблагополучных регионов по среднемноголетним (за 2000–2015 гг.) показателям смертности от болезней системы кровообращения (БСК, система данных — www. Medinform.kz) была создана картограмма с использованием терцильной шкалы с тремя уровнями: высокий, средний и низкий; за минимум взят минимальный показатель по Казахстану (213,1%ооо), за максимум — максимальный (575,9%ооо), шаг диапазона уровней был равным 121,0%ооо. При этом шесть областей имели высокий уровень смертности, а достоверное превышение среднемноголетнего республиканского показателя (412,4±92,3%ооо, ДИ 95% 346,8–477,9) выявлено в Восточно-Казахстанской (ВКО), (562,4±114,4%ооо, ДИ 95% 481,2–643,7) и Карагандинской областях (575,9±114,0%ооо, ДИ 95% 494,9–657,0) с относительным риском (ОР) к РК в 1,4 раза. В этих регионах находятся объекты черной и цветной металлургии, горнодобывающей и перерабатывающей промышленности.

Смертность от БСК лидировала в структуре общей смертности, составляя в среднем по республике за 2000–2015 гг. 44,3% (46,5% в ВКО и 48,4% в Карагандинской областях). В динамике наблюдалось снижение уровня смертности от БСК на 62,5% по РК (на 55% в ВКО и на 53,6% в Карагандинской областях) при снижении общей смертности на 25,7% в РК (на 16% в ВКО и на 18,8% в Карагандинской областях), что отчасти может быть связано с корректным учетом причин смерти.

Следует отметить, что половина зарегистрированных случаев смерти за 2011–2014 гг. у мужчин приходилась на трудоспособный возраст (16–62 года, 47,4% в ВКО и 50% в Карагандинской области). Для разработки целевых программ снижения смертности от всех причин, в том числе

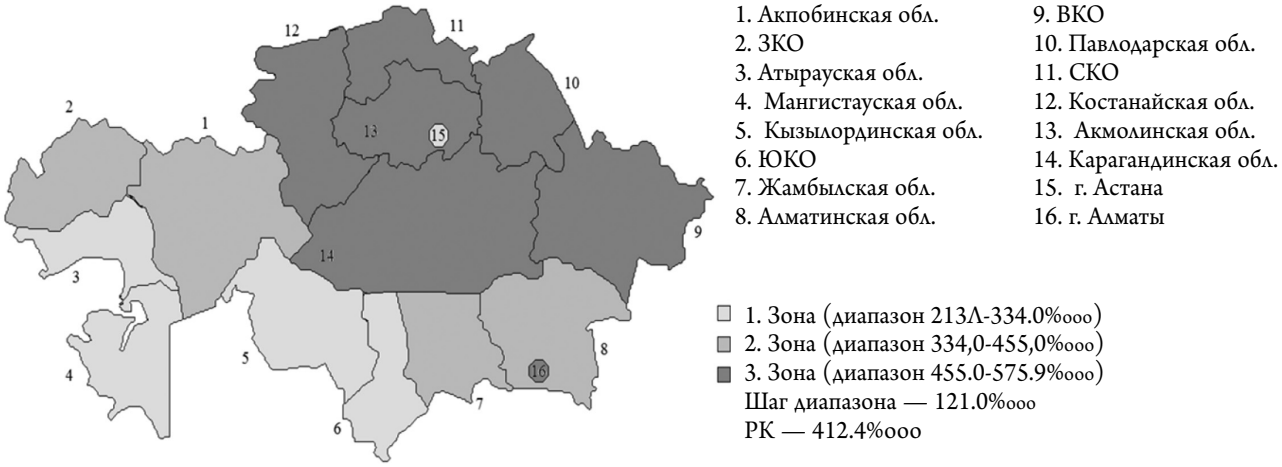

Рис. 1. Картограмма смертности от болезней системы кровообращения по регионам Казахстана за 2000–2015 гг.
Fig. 1. Cartogram of mortality from diseases of the circulatory system in the regions of Kazakhstan for 2000–2015.

от сердечно-сосудистых заболеваний, оценки потребности в медицинской, психологической, социальной помощи, полноценной оценки эффективности программ в целевых группах населения необходимы знания о реальной ситуации с распространенностью отдельных заболеваний, факторов риска, эффективности организации медицинской помощи.

При наличии только обобщенных статистических показателей, без соответствующих методологических исследований на основе данных о состоянии здоровья отдельных групп населения, в частности показателя YLL (Years of Life Lost, потерянных лет жизни в связи со смертью), выделить роль и значение каждого из перечисленных факторов очень сложно [1,2].

Цель исследования — проведение анализа потерь от смертности населения в половозрастном аспекте по классу болезней системы кровообращения в промышленных регионах Республики Казахстан (Восточно-Казахстанской и Карагандинской областей).

Материалы и методы. Демографические показатели смертности и экономические данные по валовому внутреннему продукту (ВВП) были получены из Департаментов статистики по ВКО и Карагандинской области и Республиканского центра электронного здравоохранения. Исследовалось все население ВКО и Карагандинской области. Ретроспектива анализируемых показателей потерь лет составила 4 года. Расчет показателя YLL, числа потерянных лет жизни в связи со смертью выполнялся согласно формуле 1:

$$YLL = \Sigma\, Dx \times ex, \quad (1)$$

где Dx — число умерших в возрасте x; ex — ожидаемая продолжительность жизни в возрасте x (из стандартных таблиц смертности); x — возраст от 0 до 85 лет и старше.

Расчет ожидаемой продолжительности жизни (ex) проводили с учетом половозрастной смертности населения по формуле (2):

$$ex = Tx \times Lx, \quad (2)$$

где Tx — число «человеко-лет» предстоящей жизни для доживших до возраста x лет (Σ (n,i=x)Li, n — max возраст); Lx — среднее число живущих в возрасте x ($lx+lx+1$)/2; x — возраст от 0 до 85 лет и старше.

Для того, чтобы отразить зависимость величины потерь здоровья от возраста, при расчете индекса YLL использовался стандартный коэффициент дисконтирования (0,3), константа для корректировки (0,1658) и параметр, определяющий форму функции, задающий социально-значимые веса различных возрастных групп (0,04).

Математико-статистическая обработка полученных результатов осуществлялась с помощью прикладной статистической программы Statistica–10. Количественные переменные проверялись на нормальность распределения с помощью данных описательной статистики (эксцесс и ассиметрия — менее |1|), критериев Шапиро-Уилка, описания гистограммы и проверки по линии нормального вероятностного графика (QQplot). Для количественных переменных с нормальным распределением рассчитывались среднее арифметическое, дисперсия, стандартная

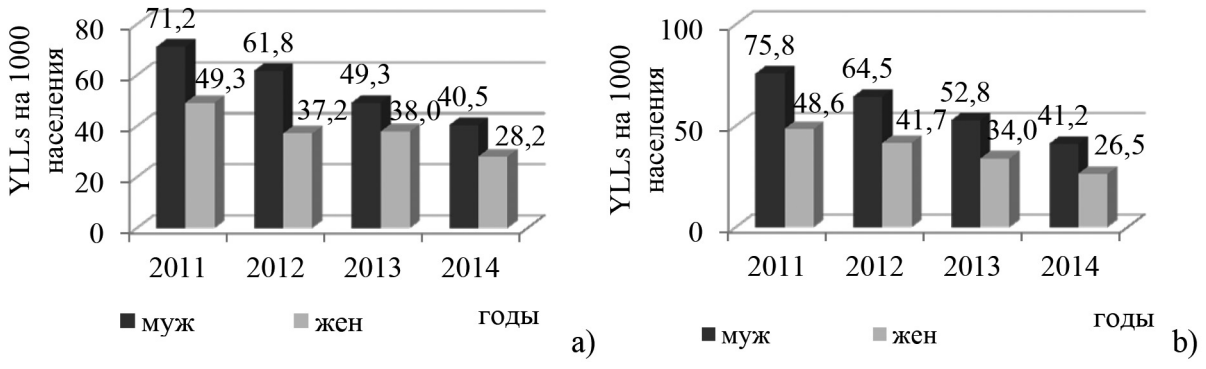

Рис. 2. Медико-социальные потери по причине БСК в ВКО (a) и Карагандинской (b) областях
Figure 2. Medico-social losses in BSK in ASD (a) and Karaganda (b) areas

Таблица / Table

Потери лет от смертности по причине БСК (*M±m*‰, ДИ 95%, доля в структуре общей смертности, %) в промышленных регионах РК (ВКО и Карагандинская обл.) за 2011–2014 гг.

Loss of years from mortality due to circulatory system diseases (*M±m* ‰, CI 95%, share in total mortality, %) in industrial regions of Kazakhstan (East Kazakhstan region and Karaganda oblast), 2011–2014

Возраст	ВКО			Карагандинская область		
	Муж.	Жен.	Всего	Муж.	Жен.	Всего
0–4	3,6±3,0 0,6–6,5 3,0	2,9±1,6 1,4–4,5 3,1	3,3±2,2 1,1–5,4 3,1	1,1±0,8 0,2–1,9 1,2	1,5±1,0 0,5–2,5 2,2	1,3±0,5 0,7–1,8 1,6
5–14	0,2±0,2 0–0,3 1,8	0	0,1±0,1 0–0,2 1,2	0,6±0,6 0–1,2 5,5	0,4±0,4 0–0,7 4,9	0,5±0,5 0,1–1,0 5,2
15–29	4,3±2,0 2,3–6,2 6,3	1,7±0,3 1,3–2,0 7,5	3,0±1,1 1,9–4,1 6,5	6,6±1,8 4,8–8,3 9,9	2,6±0,7 1,9–3,3 10,4	4,6±1,2 3,5–5,7 10,0
30–44	34,4±10,3 24,3–44,4 19,9	12,4±2,6 9,9–14,9 20,9	23,2±6,2 17,1–29,2 20,2	40,4±8,9 31,7–49,0 21,2	13,7±3,2 10,6–16,8 19,6	26,6±5,8 20,9–32,3 20,7
45–59	109,8±25,1 85,2–134,4 35,2	39,7±7,2 32,6–46,8 31,4	71,9±15,2 57,0–86,8 34,0	124,7±27,3 97,9–151,5 36,9	45,3±10,9 34,6–55,9 33,1	81,2±18,2 63,4–99,0 35,6
60–69	214,6±25,4 189,7–239,4 38,9	110,9±17,2 94,0–127,7 43,3	153,3±20,0 133,7–172,9 40,7	233,0±47,4 186,6–279,4 41,9	114,5±23,2 91,7–137,2 42,7	161,2±32,7 129,1–193,2 42,2
70–79	272,9±69,9 204,4–341,4 41,2	194,2±50,3 144,9–243,5 46,5	222,0±57,1 166,1–277,9 44,1	289,5±77,9 213,1–365,8 40,0	192,6±44,7 148,8–236,4 42,7	225,3±56,1 170,3–280,3 41,5
80+	193,7±54,2 140,6–246,7 26,9	203,1±63,7 140,7–265,5 29,9	200,6±61,1 140,7–260,5 29,1	263,9±57,7 207,3–320,4 30,3	227,2±57,6 170,7–283,7 30,3	236,2±57,5 179,8–292,6 30,3
Всего	55,7±11,7 44,2–67,2 28,6	38,2±7,5 30,8–45,5 32,5	46,5±9,3 37,4–55,6 30,2	58,6±12,9 45,9–71,2 30,2	37,7±8,3 29,6–45,8 32,2	47,5±10,5 37,3–57,8 30,9

ошибка и 95%-ный доверительный интервал. Значимость различия между средними значениями выявлялась при помощи методов параметрической статистики. Дескриптивная статистика в статье представлена в виде относительных коэффициентов.

Результаты и обсуждение. В динамике потери лет от смертности по причине БСК в ВКО и Карагандинской области имеют тенденцию к снижению (рис. 2).

Для снижения смертности от БСК в РК в рамках внедрения интегрированной модели оказания медицинской помощи при инфаркте миокарда и инсульте, разработаны дорожные карты (покрытие дефицита кадров и оснащения, повышение квалификации специалистов) и индикаторы качества оказания медицинской помощи [3]. Так за 2011–2014 гг. обеспеченность врачами терапевтического профиля на 10 тыс. человек населения в РК составила 8,8, в ВКО — 9,2, в Карагандинской области — 9,1; анестезиологами-реаниматологами — 1,5, 1,5 и 1,7‰ соответственно; обеспеченность больничными койками — 12,6, 16,0 и 13,4‰ соответственно; количество больничных лабораторных тестов на 100 госпитализированных пациентов по РК составило 51101,5, в ВКО — 5095,3, в Карагандинской области — 3806,5.

В гендерном аспекте потери лет по причине смертности от БСК у мужчин превышают потери лет у женщин в 1,5–1,6 раза, что отчасти может быть связано с более тяжелыми физическими нагрузками и вредными условиями труда в промышленных регионах. За 2011–2014 гг. доля работающих во вредных условиях труда по РК составляла 21,6%, в ВКО — 27,5%, а в Карагандинской области — 38,5%. Количество мужчин, работающих в неблагоприятных условиях, превышало количество женщин в 1,9, 2,9 и 2,1 раза соответственно. Из вредных факторов превалировала запыленность и загазованность. Высокие концентрации запыленности воздуха рабочей зоны при длительном воздействии приводят к развитию наиболее тяжелых профессиональных заболеваний с высокой степенью инвалидности и преждевременной смертью работающих. По данным исследователей, в России до 40% заболеваний прямо или косвенно связаны с неудовлетворительными условиями труда населения страны [4,5].

В возрастном аспекте максимальные потери лет наблюдались в возрасте 70–79 лет и 80 лет и старше (табл.). Потери лет возрастной группы 60–69 лет были меньше последующих групп в 1,3–1,5 раза, без достоверной разницы в Карагандинской области. По доле смертности по причине БСК в структуре смертности лидировала возрастная группа 60–79 лет. Минимальные потери лет зарегистрированы в возрастной группе 5–14 лет. Равнозначные потери лет наблюдались у возрастных групп детей 0–4 лет и лиц 15–29 лет. Потери лет возрастной группы 30–44 лет были в 3,1 раза меньше, чем потери лет последующей возрастной группы 45–59 лет. Значимых различий по потере лет от смертности по причине БСК между исследуемыми регионами не выявлено. Оптимальным считается возрастной интервал 25–64 года, в

котором вероятность некорректного кодирования причин смерти меньше [6].

В нозологическом аспекте лидировали причины смертности от ишемической болезни сердца (ИБС) и цереброваскулярных заболеваний (ЦВЗ). В глобальном плане также наблюдался рост причин, связанных с ухудшением здоровья и смертностью взрослого населения, таких как ИБС и инсульт в период с 1990 по 2010 гг. [7]. Минимальные потери зарегистрированы от ревматических болезней сердца.

Одной из возможных причин высокой смертности от БСК в некоторых регионах Казахстана могут быть неблагоприятные экологические условия проживания населения, в частности связанные с длительным выпадением радиоактивных осадков, вследствие испытаний ядерного оружия на Семипалатинском полигоне. По данным исследователей государственного медицинского университета г. Семей, среди населения, проживающего на территориях ВКО и подвергшегося радиационному воздействию, наблюдается высокий уровень заболеваемости артериальной гипертензией (АГ) и ИБС как в первом, так и последующих поколениях [8]. В данном исследовании также отмечалось достоверное превышение уровня смертности от болезней с повышенным артериальным давлением в ВКО по сравнению с Карагандинской областью у мужчин и женщин 30–69 лет.

В 2012 г. от загрязнения воздуха во всем мире погибло 7 млн человек, в том числе в Европейском регионе ВОЗ, куда входит и Казахстан, отмечено почти 600 тыс. случаев смерти. Это основной вывод доклада ВОЗ, посвященного патологии, связанной с загрязнением воздуха [9]. Указанные негативные последствия, в значительной мере, связаны с пылевыми взвешенными частицами воздуха диаметром менее 10 мкм (PM10 и PM2,5), вызывающими сердечно-сосудистые и респираторные заболевания, а также рак. Так, по данным Казгидромета, в 2015 г. (с момента начала регистрации на постах наблюдения) воздух в ВКО был более всего загрязнен взвешенными частицами PM2,5. Число случаев превышения ПДК за год составило 275 с повышением до 554 в 2017 г., а в Карагандинской области число случаев превышения ПДК PM2,5 было равным 2289 с повышением до 5315 в 2016 г. и 7378 в 2017 г. (131–414–431 случай выше 5 ПДК за 2015–2017 гг. и 10 и 28 случаев с превышением 10 ПДК за 2016–2017 гг.) [10]. ПДК PM2,5 (мг/м3) максимально-разовая концентрация равна 0,16, среднесуточная — 0,035, PM10–0,3 и 0,06 соответственно (в странах ЕС нормирование по этим частицам ведется более 20 лет, на 01.01.2015 г. ПДК PM2,5 = 0,0085–00180, PM10<0,05). Учитывая данные современных исследований, для оценки опасности загрязнения воздуха пылью необходимо выяснить ее дисперсный состав. В материалах «Казгидромета» о предприятиях РК по оценке экологического состояния окружающей среды с круглосуточным мониторингом, имеется информация о суммарной концентрации пыли в атмосферном воздухе, тогда как определение ее фракционного состава не проводится [11].

При сопоставлении показателей потери лет по преждевременной смертности трудоспособного населения от БСК и ВВП по области в ВКО выявлена доля прямого экономического ущерба, которая снижалась в динамике с 3,8% в 2011 г. до 2,3% в 2014 г., в Карагандинской области аналогичные показатели составили 4,2% в 2011 г. и 2,4% в 2014 г. При анализе суммарного экономического ущерба от сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) в России за 2008–2009 гг. при учете прямых затрат (на госпитализации, вызовы скорой медицинской помощи, амбулаторные посещения, высокотехнологичную медицинскую помощь, а также на медикаментозную терапию на амбулаторном этапе лечения) и потерь вследствие смерти в трудоспособном возрасте и временной нетрудоспособности, а также выплаты пособий по инвалидности) выявлена сумма более 1 трлн. руб., что соответствовало 3% ВВП РФ. Только одна пятая (21,3%) всего экономического ущерба от ССЗ в 2009 г. — это прямые затраты системы здравоохранения, 78,7% суммарного экономического ущерба от ССЗ (косвенные затраты) потери в экономике, связанные с преждевременной смертностью мужчин в трудоспособном возрасте. Значительный экономический ущерб от ССЗ оправдывает целесообразность большего инвестирования средств в профилактические программы для снижения риска ССЗ и в программы совершенствования медицинской помощи, что будет способствовать снижению риска смерти в трудоспособном возрасте [12].

Выводы:

1. За 2011–2014 гг. установлено снижение смертности населения, что связано с повышением качества медицинской помощи.

2. Значительные потери лет отмечаются в группе старшего трудоспособного возраста 45–69 лет, с гендерным превышением смертности у мужчин, что объясняется более тяжелыми условиями труда. Доля прямого экономического ущерба составила по регионам в среднем около 3% от ВВП.

3. Среди нозологических форм заболеваний лидирует смертность по причине цереброваскулярных заболеваний и ИБС. В ВКО наблюдается достоверное превышение смертности по причине болезней с повышением артериального давления по сравнению с регионом Карагандинской области.

4. В исследуемых регионах отмечается многофакторное загрязнение окружающей среды (в частности, взвешенными частицами PM 2,5 и 10), влияющее на здоровье населения и смертность от БСК, что требует профилактических мероприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бойцов С.А., Самородская И.В. Смертность от болезней системы кровообращения в регионах Российской Федерации (2012 г). М.: ФГБУ Национальный медицинский исследовательский центр профилактической медицины МЗ РФ; 2012. https://www.gnicpm.ru/UserFiles/%D0%A1%D0%BC%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C%20%D0%BE%D1%82%20%D0%91%D0%A1%D0%9A%204.03.pdf

2. Сакиев К.З., Ибраева Л.К., Дюсембаева Н.К., Рыбалкина Д.Х., Дробченко Е.А. Качественный показатель потери здоровья населения региона Приаралья. *Гигиена и санитария.* 2016; 95 (10):950–954. DOI: 10.18821/0016–9900–2016–95–10–950–954. https://cyberleninka.ru/article/v/kachestvennyy-pokazatel-poteri-zdorovya-naseleniya-regiona-priaralya

3. Аналитический материал расширенной коллегии МЗ РК. Астана; 2017. http://www.rcrz.kz/docs/broshura.pdf

4. Тимофеева С.С. *Методы и технологии оценки производственных рисков.* Иркутск: Изд-во ИрГТУ; 2014. https://www.istu. edu/docs/education/faculty/institute_entrails/bjd/magistr/015.pdf

5. Смородова О.В., Сергеева К.В. Факторы рабочей среды предприятий нефтегазовой отрасли. Нефтегазовое дело. 2017; 2: 130–43. http://ogbus.ru/files/ogbus/issues/2_2017/ogbus_2_2017_p130–143_SmorodovaOV_ru.pdf

6. Иванова А.Е., Сабгайда Т.П., Семенова В.Г., Запорожченко В.Г., Землянова Е.В., Никитина С.Ю. Факторы искажения структуры причин смерти трудоспособного населения России.

Социальные аспекты здоровья населения. 2013; 4: 1–21. http://vestnik. mednet.ru/content/view/491/27/lang,ru/

7. Глобальное бремя болезней: Порождение доказательств, направление политики. Институт по измерению показателей здоровья и оценке состояния здоровья университета штата Вашингтон, Всемирный банк, сеть человеческого развития; 2013. URL: http://www.healthdata.org/sites/default/files/files/policy_report/2013/WB_EuropeCentralAsia/IHME_GBD_WorldBank_EuropeCentralAsia_FullReport_RUSSIAN. pdf

8. Токабаев А.К., Жумамбаева Р.М., Токабаева Г.Т., Даутов Д.Х., Курумбаев Р.Р. Распространенность некоторых сердечно-сосудистых заболеваний и факторов риска их развития среди населения, проживающего на территориях, подвергшихся радиационному воздействию. *Medicine*. 2014; 10: 24–26. http://www.medzdrav.kz/images/magazine/medecine/2014/2014–10/M_10–14_24–26.pdf

9. Burden of disease from Household Air Pollution for 2012. Geneva: World Health Organization; 2014. http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/FINAL_HAP_AAP_BoD_24March2014.pdf?ua=1

10. Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды РК. Министерство энергетики РК, Департамент экологического мониторинга, РГП «Казгидромет», Астана; 2015.

11. Неменко Б.А., Илиясова А.Д., Арынова Г.А. Оценка степени опасности мелкодисперсных пылевых частиц воздуха. Пресс-служба КазНМУ. Казахский национальный медицинский университет; 2014.

12. Оганов Р.Г., Концевая А.В., Калинина А.М. Экономический ущерб от сердечно-сосудистых заболеваний в Российской Федерации. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика* 2011; 4 (10): 4–9. https://elibrary.ru/item.asp?id=16363191

REFERENCES

1. Bojcov S.A., Samorodskaya I.V. Mortality from circulatory system diseases in the regions of the Russian Federation (2012). M.: FGBU Nacional'nyj medicinskij issledovatel'skij centr profilakticheskoj mediciny MZ RF; 2012 (in Russian).

2. Sakiev K.Z., Ibraeva L.K., Dyusembaeva N.K., Rybalkina D.H., Drobchenko E.A. Qualitative indicator of the loss of health of the population of the Aral region. *Gigiena i sanitariya.* 2016; 95 (10): 950–54 (in Russian).

3. Analytical material of the extended board of the Ministry of Health of the Republic of Kazakhstan. Astana; 2017 (in Russian).

4. Timofeeva S.S. Production risk assessment methods and techniques. Irkutsk: Izd-vo IrGTU; 2014 (in Russian).

5. Smorodova O.V., Sergeeva K.V. Faktory rabochej sredy predpriyatij neftegazovoj otrasli. Neftegazovoe delo. 2017; 2: 130–43 (in Russian).

6. Ivanova A.E., Sabgajda T.P., Semenova V.G., Zaporozhchenko V.G., Zemlyanova E.V., Nikitina S.Yu. Factors distorting the structure of the causes of death of the working population of Russia.. Social'nye aspekty zdorov'ya naseleniya. 2013; 4: 1–21 (in Russian).

7. The global burden of disease: Producing evidence, policy direction. Institute of Health Measurement and Health Assessment at the University of Washington, World Bank, Human Development Network; 2013 (in Russian).

8. Tokabaev A.K., Zhumambaeva R.M., Tokabaeva G.T., Dautov D.H., Kurumbaev R.R. The prevalence of certain cardiovascular diseases and risk factors for their development among the population living in areas affected by radiation. *Medicine.* 2014; 10: 24–6 (in Russian).

9. Burden of disease from Household Air Pollution for 2012. Geneva: World Health Organization; 2014.

10. Information bulletin on the state of the environment of Kazakhstan. Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan, Department of Environmental Monitoring, RGP «Kazgidromet», Astana; 2015 (in Russian).

11. Nemenko B.A., Iliyasova A.D., Arynova G.A. Hazard assessment of fine dust particles of air. Press-sluzhba KazNMU. Kazahskij nacional'nyj medicinskij universitet; 2014 (in Russian).

12. Oganov R.G., Koncevaya A.V., Kalinina A.M. Economic damage from cardiovascular diseases in the Russian Federation. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika.* 2011; 4 (10):4–9.

Дата поступления / Received: 13.05.2019
Дата принятия к печати / Accepted: 21.06.2019
Дата публикации / Published: 24.07.2019