

### Учредитель

Федеральное бюджетное учреждение здравоохранения «Федеральный центр гигиены и эпидемиологии» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (ФБУЗ ФЦГиЭ Роспотребнадзора)

Издание зарегистрировано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС 77-71110 от 22 сентября 2017 г. (печатное издание)

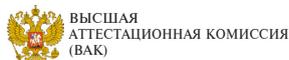
### Адрес учредителя и редакции (издателя):

117105, Москва, Варшавское шоссе, д. 19А  
ФБУЗ ФЦГиЭ Роспотребнадзора  
Редакция ЗНиСО  
Тел.: (495) 633-1817 доб. 240  
факс: (495) 954-0310  
E-mail: zniso@fcgie.ru  
http://zniso.fcgie.ru/

Научно-практический журнал входит в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий ВАК, включен в научные электронные библиотеки «КиберЛенинка» и «eLIBRARY.RU», базы данных Российского индекса научного цитирования (РИНЦ) и Russian Science Citation Index (RSCI) на платформе Web of Science, международную базу данных Ulrich's Periodicals Directory, полные тексты научных публикаций журнала индексируются в поисковой системе Академия Google (Google Scholar)

Журнал распространяется по подписке Подписной индекс по каталогу агентства «Урал-Пресс» – 40682 По вопросам размещения рекламы в номере обращаться: zniso@fcgie.ru

Подписано в печать 30.06.2021 г.  
Формат издания 60х90/8 Печ. л. 10,5  
Плановый тираж 1000 экз.  
Цена 470 руб.



НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА

eLIBRARY.RU

РОССИЙСКИЙ ИНДЕКС НАУЧНОГО ЦИТИРОВАНИЯ  
Science Index

RUSSIAN SCIENCE CITATION INDEX (RSCI)  
на платформе  
WEB OF SCIENCE™

CYBERLENINKA

ULRICH'S PERIODICALS DIRECTORY™

Crossref

Google scholar



# ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ И СРЕДА ОБИТАНИЯ

Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya

№6 (339), 2021

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ «ЗНиСО»

Основан в 1993 г.

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР **А.Ю. ПОПОВА**

## РЕДАКЦИЯ

Заместители главного редактора  
В.Ю. Ананьев, Г.М. Трухина  
Ответственный секретарь  
Н.А. Горбачева  
Редактор Е.С. Нерсесова  
Корректор Л.В. Ивановкина  
Переводчик О.Н. Лежнина  
Дизайн и верстка Е.В. Ломанова

## РЕДКОЛЛЕГИЯ

В.Г. Акимкин  
А.М. Большаков  
Н.В. Зайцева  
П.Ф. Кикун  
О.Ю. Милушкина  
Н.В. Рудаков  
О.Е. Троценко

## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

В.А. Алешкин (Москва)	Н.А. Лебедева-Несевря (Пермь)
А.В. Алехнович (Москва)	А.В. Мельцер (Санкт-Петербург)
С.В. Балахонov (Иркутск)	Н.В. Полунина (Москва)
Н.А. Бокарева (Москва)	Л.В. Прокопенко (Москва)
Е.Л. Борщук (Оренбург)	И.К. Романович (Санкт-Петербург)
Н.И. Брико (Москва)	В.Ю. Семенов (Москва)
В.Б. Гурвич (Екатеринбург)	С.А. Судьин (Н. Новгород)
Т.К. Дзагурова (Москва)	А.В. Суворов (Москва)
С.Н. Киселев (Хабаровск)	В.А. Тутельян (Москва)
О.В. Клепиков (Воронеж)	В.П. Чащин (Санкт-Петербург)
В.Т. Комов (п. Борок, Ярославская обл.)	А.Б. Швелев (Москва)
Э.И. Коренберг (Москва)	Д.А. Шпилев (Н. Новгород)
В.М. Корзун (Иркутск)	М.Ю. Щелканов (Владивосток)
Е.А. Кузьмина (Москва)	В.О. Щепин (Москва)
В.В. Кутырев (Саратов)	

## ИНОСТРАННЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

М.К. Амрин (Казахстан)	А.М. Тсатсакис (Греция)
К. Баждарич (Хорватия)	С.И. Сычик (Беларусь)
М. А. оглы Казимов (Азербайджан)	Ю.О. Удланд (Норвегия)
И. Томассен (Норвегия)	Х. Ханн (Германия)

ISSN 2219-5238 (Print)

ISSN 2619-0788 (Online)

Все права защищены. Перепечатка только с разрешения редакции. Перепечатка и любое воспроизведение материалов и иллюстраций в печатном или электронном виде из журнала ЗНиСО допускается только с письменного разрешения издателя – ФБУЗ ФЦГиЭ Роспотребнадзора.

При использовании материалов ссылка на журнал ЗНиСО обязательна. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов.

© ФБУЗ ФЦГиЭ Роспотребнадзора

16+

### Founder of the Journal

Federal Center for Hygiene and Epidemiology, Federal Budgetary Health Institution of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing (Rospotrebnadzor)

The journal is registered by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Media (Roskomnadzor) Certificate of Mass Media Registration PI No. FS 77-71110 dated September 22, 2017

### Address of the founder and editorial office (publisher):

19A Varshavskoe Shosse, Moscow, 117105, Russian Federation  
Federal Center for Hygiene and Epidemiology  
ZNISO Editorial Board  
Phone: (495) 633-1817 Ext. 240  
Fax: (495) 954-0310  
E-mail: zniso@fcgie.ru  
http://zniso.fcgie.ru/

This scientific and practical journal is included in the List of the Leading Peer-Reviewed Scientific Journals and Publications of the Higher Attestation Commission, CyberLeninka and eLIBRARY.RU scientific digital libraries, the database of the Russian Science Citation Index (RINC) and the Russian Science Citation Index (RSCI) on the Web of Science platform, and Ulrich's Periodicals Directory; full texts of scientific publications are indexed in the Google Scholar academic search engine.

This journal is distributed by subscription.

Subscription index in the "Ural-Press" Agency Catalog: 40682

For advertising in the journal, please write to zniso@fcgie.ru

Signed to print: 30.06.2021

Publication format: 60x90/8

Conditional printed sheets volume: 10,5

Planned circulation: 1000 copies

Price: 470 RUB



ВЫСШАЯ  
АТТЕСТАЦИОННАЯ КОМИССИЯ  
(ВАК)

НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА

eLIBRARY.RU

РОССИЙСКИЙ ИНДЕКС  
НАУЧНОГО ЦИТИРОВАНИЯ  
Science Index

RUSSIAN SCIENCE  
CITATION INDEX (RSCI)  
НА ПЛАТФОРМЕ

WEB OF SCIENCE™



CYBERLENINKA



Crossref

Google  
scholar



# PUBLIC HEALTH AND LIFE ENVIRONMENT

Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya

No.6 (339), 2021

MONTHLY SCIENTIFIC AND PRACTICAL JOURNAL

Established in 1993

EDITOR-IN-CHIEF **Anna Yu. Popova**

## EDITORIAL GROUP

Deputy Editors-in-Chief  
Vasilij Yu. Ananyev, Galina M. Trukhina  
Executive Secretary  
Nataliya A. Gorbacheva  
Editor Evgenia S. Nersesova  
Corrector Lyudmila V. Ivanochkina  
Translator Olga N. Lezhnina  
Designer and layout Elena V. Lomanova

## EDITORIAL BOARD

Vasilij G. Akimkin  
Aleksey M. Bolshakov  
Nina V. Zaitseva  
Pavel F. Kiku  
Olga Yu. Milushkina  
Nikolai V. Rudakov  
Olga E. Trotsenko

## EDITORIAL COUNCIL

Vladimir A. Aleshkin (Moscow)	Natalia A. Lebedeva-Nesevrya (Perm)
Aleksander V. Alekhovich (Moscow)	Aleksander V. Meltser (Saint Petersburg)
Sergey V. Balakhonov (Irkutsk)	Natalia V. Polunina (Moscow)
Natalia A. Bokareva (Moscow)	Lyudmila V. Prokopenko (Moscow)
Evgeniy L. Borshchuk (Orenburg)	Ivan K. Romanovich (Saint Petersburg)
Nikolay I. Briko (Moscow)	Vladimir Yu. Semenov (Moscow)
Vladimir B. Gurvich (Ekaterinburg)	Sergey A. Sudyin (Nizhny Novgorod)
Tamara K. Dzagurova (Moscow)	Aleksey V. Surov (Moscow)
Sergey N. Kiselev (Khabarovsk)	Viktor A. Tutelyan (Moscow)
Oleg V. Klepikov (Voronezh)	Valeriy P. Chashchin (Saint Petersburg)
Viktor T. Komov (Borok, Yaroslavl Region)	Alexey B. Shevelev (Moscow)
Eduard I. Korenberg (Moscow)	Dmitriy A. Shpilev (Nizhny Novgorod)
Vladimir M. Korzun (Irkutsk)	Michail Yu. Shchelkanov (Vladivostok)
Elena A. Kuz'mina (Moscow)	Vladimir O. Shchepin (Moscow)
Vladimir V. Kutyrav (Saratov)	

## FOREIGN EDITORIAL COUNCIL

Meiram Amrin (Kazakhstan)	Aristidis Tsatsakis (Greece)
Ksenia Bazdarich (Croatia)	Sergey Sychik (Belarus)
Mirza Kazimov (Azerbaijan)	Jon Øyvind Odland (Norway)
Yngvar Thomassen (Norway)	Helmut Hahn (Germany)

ISSN 2219-5238 (Print)

ISSN 2619-0788 (Online)

16+

All rights reserved. Reprint only with permission of the publisher. Reprinting and reproduction of materials and figures in print or electronic form is allowed only with the written permission from the Federal Center for Hygiene and Epidemiology. A reference to the journal is required when quoting.

Editorial opinion may not coincide with the opinion of the authors.

© FBHI Federal Center for Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor

## СОДЕРЖАНИЕ

## ОБЩЕСТВЕННОЕ ЗДОРОВЬЕ

Гурьев А.В., Туков А.Р., Бушманов А.Ю. Распространенность заболеваний непрофессионального генеза у мужчин, имеющих профессиональные заболевания, связанные с производственной вибрацией ..... 4

## ГИГИЕНА ТРУДА

Горохов Е.Б., Ляпкало А.А. Уровни электромагнитных полей радиочастотного диапазона на рабочих местах технических специалистов сотовой связи ..... 9

Хисамиев И.И., Шарафутдинова Н.Х., Шарафутдинов М.А. Сравнительная характеристика условий труда работников и состояния профессиональной заболеваемости в Республике Башкортостан ..... 15

Клинова С.В., Минигалиева И.А., Сутункова М.П., Привалова Л.И., Герцен О.П., Рябова Ю.В., Проценко Ю.Л., Балакин А.А., Лукин О.Н., Лисин Р.В., Набиев С.Р., Панов В.Г., Кацнельсон Л.Б., Никитина Л.В., Кацнельсон Б.А. Влияние свинца и/или кадмия на сократительную функцию миокарда крыс при субхронической интоксикации и ее ослабление комплексом биопротекторов ..... 25

Минигалиева И.А., Сутункова М.П., Кацнельсон Б.А., Привалова Л.И., Панов В.Г., Гурвич В.Б., Чернышов И.Н., Соловьева С.Н., Макеев О.Г., Бушуева Т.В. Оценка комбинированной и сравнительной токсичности наночастиц оксида цинка и оксида меди в эксперименте in vivo ..... 34

## КОММУНАЛЬНАЯ ГИГИЕНА

Батырова Г.А., Умарова Г.А., Умаров Е.А., Кудабаяева Х.И., Тлегинова Ж.Ш., Кононец В.И., Айтмаганбет П.Ж. Ассоциация содержания бора в волосах с показателями заболеваемости в борной геохимической провинции: поперечное исследование ..... 41

Курочкин В.Ю., Хорошавина Е.И., Федоров А.А. Подходы к организации санитарно-эпидемиологического контроля (надзора) за округами санитарной (горно-санитарной) охраны лечебно-оздоровительных местностей и курортов ..... 48

## ГИГИЕНА ПИТАНИЯ

Гурвич В.Б., Мажаева Т.В., Сеницына С.В., Козубская В.И., Борцова Е.Л., Шелунцова Н.Г. Страхование ответственности причинения вреда как альтернативный способ управления качеством и безопасностью пищевой продукции ..... 56

## ГИГИЕНА ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ

Эйфельд Д.А., Штина И.Е., Маклакова О.А., Валина С.Л. Оценка функциональных резервов кардиореспираторной системы у учащихся кадетского корпуса ..... 65

Шубочкина Е.И., Иванов В.Ю., Чепрасов В.В., Айзятова М.В. Гигиеническая оценка влияния факторов цифровой среды на организм подростков в процессе образовательной и досуговой деятельности ..... 71

## ЭПИДЕМИОЛОГИЯ

Бушуева Т.В., Рослая Н.А., Вараксин А.Н., Гагарина М.С., Широкова О.В., Шастин А.С., Артеменко Е.П., Шалаумова Ю.В., Ведерникова М.С., Лабзова А.К. Иммунологический скрининг как этап формирования иммунокомпromетированной профессиональной когорты для вакцинации против пневмококковой инфекции ..... 78

К 60-летию со дня рождения Ольги Валентиновны Широковой ..... 84

## CONTENTS

## PUBLIC HEALTH

Gurev A.V., Tukov A.R., Bushmanov A.Yu. Prevalence of non-occupational disorders in men with occupational vibration disease ..... 4

## OCCUPATIONAL HEALTH

Gorokhov E.B., Lyapkalo A.A. Radiofrequency electromagnetic field levels at workplaces of technical specialists of cellular communication ..... 9

Khisamiev I.I., Sharafutdinova N.Kh., Sharafutdinov M.A. Comparative characteristics of working conditions and occupational morbidity across industries in the Republic of Bashkortostan ..... 15

Klinova S.V., Minigaliyeva I.A., Sutunkova M.P., Privalova L.I., Gerzen O.P., Riabova Yu.V., Protsenko Yu.L., Balakin A.A., Lookin O.N., Lisin R.V., Nabiev S.R., Panov V.G., Katsnelson L.B., Nikitina L.V., Katsnelson B.A. Effects of lead and/or cadmium on the contractile function of the rat myocardium following subchronic exposure and its attenuation with a complex of bioprotectors ..... 25

Minigaliyeva I.A., Sutunkova M.P., Katsnelson B.A., Privalova L.I., Panov V.G., Gurchich V.B., Chernyshov I.N., Solovyeva S.N., Makeyev O.G., Bushuyeva T.V. Assessment of combined and comparative toxicity of zinc oxide and copper oxide nanoparticles in the in vivo experiment ..... 34

## COMMUNAL HYGIENE

Batyrova G.A., Umarova G.A., Umarov Ye.A., Kudabayeva Kh.I., Tlegenova Zh.Sh., Kononets V.I., Aitmagambet P.Zh. The association between hair levels of boron and disease incidence in the population of a boron geochemical province: a cross-sectional study ..... 41

Kurochkin V.Yu., Khoroshavina Ye.I., Fedorov A.A. Approaches to organization of sanitary and epidemiological surveillance over sanitary protection districts of mountain and spa resorts and recreational areas ..... 48

## FOOD HYGIENE

Gurchich V.B., Mazhaeva T.V., Sinitsyna S.V., Kozubskaya V.I., Bortsova E.L., Sheluntsova N.G. Damage liability insurance as an alternative means of food quality and safety management ..... 56

## PEDIATRIC HYGIENE

Eisfeld D.A., Shtina I.E., Maklakova O.A., Valina S.L. Assessment of functional reserves of the cardiorespiratory system in students of cadet corps ..... 65

Shubochkina E.I., Ivanov V.Yu., Cheprasov V.V., Ayzyatova M.V. Hygienic assessment of the influence of factors of digital environment on adolescents in the process of educational and leisure activities ..... 71

## EPIDEMIOLOGY

Bushuyeva T.V., Roslaya N.A., Varaksin A.N., Gagarina M.S., Shirokova O.V., Shastin A.S., Artemenko E.P., Shalaumova Yu.V., Vedernikova M.S., Labzova A.K. Immunity testing as a stage of forming the immunocompromised occupational cohort for vaccination against pneumococcal disease ..... 78

On the occasion of the 60th anniversary of Olga Shirokova ..... 84

© Гурьев А.В., Туков А.Р., Бушманов А.Ю., 2021

УДК 613.644

## Распространенность заболеваний непрофессионального генеза у мужчин, имеющих профессиональные заболевания, связанные с производственной вибрацией

А.В. Гурьев, А.Р. Туков, А.Ю. Бушманов

ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» ФМБА России, ул. Живописная, д. 46, г. Москва, 123098, Российская Федерация

**Резюме.** *Введение.* Производственная вибрация оказывает комплексное влияние на организм, повышая риск заболеваний со стороны системы кровообращения и органов дыхания, нарушений функций печени и эндокринной системы, не определяемых врачебными комиссиями в качестве профессиональных. *Цель.* Анализ распространённости заболеваний непрофессионального генеза у лиц, имеющих диагноз профессиональной патологии, связанной с воздействием производственной вибрации в ходе работы на предприятиях и в организациях, обслуживаемых медицинскими учреждениями ФМБА России. *Материалы и методы.* В качестве источника информации использован «Отраслевой регистр лиц, имеющих профессиональные заболевания» с данными о 95 больных в возрасте  $65,1 \pm 1,5$  (90 мужчин в возрасте  $64,8 \pm 1,5$  лет и 5 женщин в возрасте  $70,6 \pm 2,6$  лет) с профессиональной патологией, причиной которой была производственная вибрация. Показатель распространённости дан из расчета на 1000 больных профессиональными заболеваниями с ошибкой интенсивного показателя и удельным весом патологии в структуре заболеваний непрофессионального генеза. *Результаты.* Распространенность заболеваний непрофессионального генеза у мужчин составила  $755,6 \pm 91,6$ . Из них чаще диагностировались болезни костно-мышечной системы  $288,9 \pm 47,8$  (39,4 %). Аналогичные показатели – для системы кровообращения  $177,8 \pm 40,3$  (24,2 %), болезней дыхательной системы  $111,1 \pm 33,1$  (15,2 %), болезней органов пищеварения  $66,7 \pm 26,3$  (9,1 %). *Обсуждение.* В структуре заболеваний непрофессионального генеза преобладают заболевания костно-мышечной системы и заболевания, на возникновение которых могла повлиять производственная вибрация. *Выводы.* Из заболеваний непрофессионального генеза у мужчин, имеющих профессиональные заболевания, причинами которых стала производственная вибрация, наиболее часто выявляются заболевания костно-мышечной системы, системы кровообращения, органов дыхания и пищеварения с суммарным показателем 87,9 %. Рекомендуется более точное определение профессионального или непрофессионального генеза патологий костно-мышечной системы в профессиональных центрах у лиц, контактировавших с производственной вибрацией.

**Ключевые слова:** производственная вибрация, распространенность заболеваний непрофессионального генеза, заболевания системы кровообращения, заболевания костно-мышечной системы, Отраслевой регистр лиц, имеющих профессиональные заболевания.

**Для цитирования:** Гурьев А.В., Туков А.Р., Бушманов А.Ю. Распространенность заболеваний непрофессионального генеза у мужчин, имеющих профессиональные заболевания, связанные с производственной вибрацией // Здоровье населения и среда обитания. 2021. № 6 (339). С. 4–8. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-339-6-4-8>

**Сведения об авторах:**

✉ **Гурьев** Андрей Вячеславович – ст. науч. сотр. лаборатории медико-организационного регистра; e-mail: octaber@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4640-1198>.

**Туков** Александр Романович – канд. мед. наук, заведующий лабораторией медико-организационного регистра; e-mail: atukov40@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8305-8029>.

**Бушманов** Андрей Юрьевич – д-р мед. наук, проф., первый заместитель генерального директора; e-mail: fmbc-fmba@bk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1565-4560>.

## Prevalence of Non-Occupational Disorders in Men with Occupational Vibration Disease

A.V. Gurev, A.R. Tukov, A.Yu. Bushmanov

State Research Center of the Russian Federation – Burnazyan Federal Medical and Biophysical Center, 46 Zhivopisnaya Street, Moscow, 123098, Russian Federation

**Summary.** *Introduction:* Industrial vibration has a complex effect on the body, increasing the risk of circulatory and respiratory diseases, disorders of the liver and endocrine system, which are not recognized by medical boards as occupational. The *objective* of our study was to analyze the prevalence of non-occupational diseases in workers suffering from occupational vibration disease and employed in industries and institutions served by health facilities of the Russian Federal Medical-Biological Agency (FMBA). *Materials and methods:* As a reliable source of information, we used the Industry Register of Persons with Occupational Diseases containing data on 95 cases of occupational vibration disease aged  $65.1 \pm 1.5$  (90 men aged  $64.8 \pm 1.5$  years and 5 women aged  $70.6 \pm 2.6$  years). The prevalence rates are given per 1,000 cases of occupational vibration disease with an error of the intensive indicator and the proportion of the pathology in the structure of non-occupational diseases. *Results:* The prevalence of non-occupational diseases in men was  $755.6 \pm 91.6$ . Of these, musculoskeletal disorders ( $288.9 \pm 47.8$ ; 39.4 %) ranked first, followed by diseases of the cardiovascular ( $177.8 \pm 40.3$ ; 24.2 %), respiratory ( $111.1 \pm 33.1$ ; 15.2 %), and digestive ( $66.7 \pm 26.3$ ; 9.1 %) systems. *Discussion:* We established that diseases of the musculoskeletal system and other disorders potentially related to occupational vibration dominated in the structure of non-occupational diseases in the study cohort. *Conclusion:* Cases of occupational vibration disease often suffer from musculoskeletal disorders, diseases of the circulatory, respiratory and digestive systems, accounting for 87.9 % of all non-occupational illnesses in this research. We recommend a more precise determination of occupational or non-occupational genesis of musculoskeletal disorders in people exposed to vibration at work in occupational health centers.

**Keywords:** occupational vibration, prevalence of non-occupational diseases, diseases of the circulatory system, musculoskeletal disorders, industry register of persons with occupational diseases.

**For citation:** Gurev AV, Tukov AR, Bushmanov AYU. Prevalence of non-occupational disorders in men with occupational vibration disease. *Zdorov'e Nаселeniya i Sreda Obitaniya*. 2021; (6(339)):4–8. (In Russian). doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-339-6-4-8>

**Author information:**

✉ **Andrew V. Gurev**, Senior Researcher, Laboratory of Medical and Organizational Register, State Research Center of the Russian Federation – Burnazyan Federal Medical and Biophysical Center of the Russian Federal Medical-Biological Agency (FMBA); e-mail: octaber@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4640-1198>.

**Alexander R. Tukov**, Candidate of Medical Sciences, Head of the Laboratory of Medical and Organizational Register, State Research Center of the Russian Federation – Burnazyan Federal Medical and Biophysical Center; e-mail: atukov40@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8305-8029>.

**Andrey Yu. Bushmanov**, D.M.Sc., Professor, First Deputy Director General, State Research Center of the Russian Federation – Burnazyan Federal Medical and Biophysical Center; fmbc-fmba@bk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1565-4560>.

**Введение.** В структуре физических вредных производственных факторов на предприятиях Российской Федерации за 2014–2017 гг. производственная вибрация (ПВ) уступает по распространенности производственному шуму и неблагоприятным параметрам освещенности рабочих мест. В структуре этиологических факторов профессиональных заболеваний ПВ находится на втором ранговом месте<sup>1</sup>.

Продолжительность формирования патологий, связанных с воздействием ПВ, у машинистов экскаваторов составляет  $23,5 \pm 1,4$  года, у водителей большегрузных машин –  $23,4 \pm 1,2$  года [1].

Продолжительность трудового стажа при патологии, связанной с воздействием локальной вибрации, оценивается в  $19,2 \pm 0,91$  года [2]. На примере работников, имеющих диагноз болезни, связанной с ПВ, в основном, диагностируются заболевания костно-мышечной (КМС) и нервной систем; из последних наиболее часто выявлялись моно-полинейропатия и вегето-сенсорная полинейропатия [3]. Риск сосудистых и неврологических заболеваний под влиянием ПВ увеличивается в 4–5 раз [4]. С увеличением продолжительности и интенсивности воздействия общей ПВ повышается частота скелетно-мышечных и неврологических заболеваний позвоночника [5–8]. Отмечается положительная связь между локальной вибрацией и заболеваниями слухового анализатора. Их причиной может быть энергия, перенаправляемая в среднее и внутреннее ухо с риском отосклероза и нейросенсорной тугоухости, соответственно [8].

Подтверждается значение ПВ в изменении параметров микроциркуляторного русла [9–11].

Высказывается мнение о влиянии средней и высокочастотной ПВ [12–15], действующей комбинированно с производственным шумом, общим и локальным охлаждением [16]. Развитие симптомов, связанных с воздействием ПВ, происходит параллельно с признаками гипотиреоза [17]. Данные о влиянии ПВ на возникновение сахарного диабета II типа противоречивы [18, 19].

У работников с симптоматикой, вызванной ПВ, выявлены нарушения белоксинтезирующей и дезинтоксикационной функции печени (40 % больных); у них отмечаются признаки вибрационной гастропатии – нарушений в микроциркуляторном русле, атрофии эпителиальной стенки желудка и ее желез, развития соединительной ткани [20].

ПВ называется в числе факторов, влияющих на изменение транскрипции генов, участвующих в клеточном цикле и косвенно отвечающих за развитие злокачественных новообразований [18, 21].

В ходе подземных работ, связанных с ПВ, у 23,4 % рабочих диагностируются инфекции верхних дыхательных путей; артериальная гипертензия (АГ) чаще выявляется у лиц, занятых на работах в туннеле, – 13,9 % (у работающих на поверхности – 4,9 %;  $p < 0,05$ ); и наоборот, количество случаев острого гастроэнтерита

больше у работников, занятых на поверхности, – 9,9 %, тогда как у лиц, трудящихся на глубине, – 3,7 % ( $p < 0,05$ ) [22].

Воздействие ПВ является причиной иммуносупрессии. Этот вредный производственный фактор может рассматриваться в числе причин отмеченных выше респираторных заболеваний. У больных с клиническими проявлениями по результатам длительного воздействия ПВ выявлена диспропорция Т- и В-лимфоцитов, уменьшение их субпопуляций с нарушением функциональной активности. Еще на доклинической стадии отмечалось повышение уровней IgG и IgA с одновременным снижением содержания IgM. Изменение уровней иммуноглобулинов от референтных значений достигало 75 % [23].

Таким образом, ПВ оказывает комплексное воздействие на организм, результатом чего являются патологии, диагностируемые у работников и не получившие решением врачебной комиссии статуса профессиональных, обозначаемые как «заболевания непрофессионального генеза» (ЗНГ).

В структуре ЗНГ у работников горно-обогатительных комбинатов 61,0 % относятся к болезням сердечно-сосудистой системы. Речь идет о таких патологиях, как артериальная гипертензия, ИБС и нарушения сердечного ритма. По частоте заболевания системы кровообращения уступают заболеваниям КМС – 59,5 %, в основном представленным дорсопатиями, и заболеваниями дыхательной системы – 45,8 % (хронический бронхит и заболевания верхних дыхательных путей). На долю заболеваний органов пищеварения приходится 42,7 % [1].

Лица, имеющие симптомы заболеваний, вызванные ПВ, имеют оценку физического и психического качества жизни ниже, чем население в среднем ( $p < 0,001$ ) [24].

Знание о ЗНГ, наряду с профессиональными заболеваниями, вызванными ПВ, имеет большое значение при организации лечебно-профилактических мероприятий по охране здоровья работников. Однако таким исследованиям на сегодняшний день уделяется лишь незначительное внимание.

**Цель исследования:** анализ распространенности заболеваний непрофессионального генеза у лиц, имеющих диагноз профессиональной патологии, связанной с воздействием производственной вибрации во время работы на предприятиях и в организациях, обслуживаемых медицинскими учреждениями ФМБА России.

**Материал и методы.** Исследование организовано на базе данных «Отраслевого регистра лиц, имеющих профессиональные болезни» (ОРПРОФИ) в отношении работников предприятий и организаций, обслуживаемых медицинскими учреждениями ФМБА России, за период 1951–2006 гг.

С диагнозом профессиональных заболеваний, причиной которых была ПВ, без дифференциации на общую и локальную, выявлено 95 больных в возрасте  $65,1 \pm 1,5$  лет (90 мужчин в

<sup>1</sup> О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2017 году: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2018. 268 с.





15. Соколова Л.А., Попова О.Н., Бузинов Р.В., Калинина М.М., Гудков А.Б. Гигиеническая оценка влияния условий труда на заболеваемость с временной утратой трудоспособности работников цеха сборки корпусов металлических судов машиностроительного предприятия // Экология человека. 2016. № 3. С. 18–23.
17. Курчевенко С.И., Бодиенкова Г.М. Формирование естественной реактивности организма при воздействии производственных физических факторов // XXI век. Техносферная безопасность. 2016. Т. 1. № 4 (4). С. 73–8.
20. Непомнящих Д.Л., Постникова О.А., Боброва С.В., Айдагулова С.В. Вибрационная гепато- и гастропатия: клинико-морфологическое и стереологическое исследование // Сибирский медицинский журнал. 2011. Т. 26. № 4-1. С. 152–5.
23. Азовскова Т.А., Лаврентьева Н.Е. Изменение иммунного гомеостаза при воздействии производственной вибрации // Медицинский совет. 2016. № 10. С. 174–6.
10. Wahl U, Kaden I, Köhler A, Hirsch T. Vascular trauma of the hand - a systematic review. *Vasa*. 2019;48(3):205–15. doi: 10.1024/0301-1526/a000743
11. Chen QS, Chen GP, Xiao B, et al. Nailfold capillary morphological characteristics of hand-arm vibration syndrome: a cross-sectional study. *BMJ Open*. 2016;6(11):e012983. doi: 10.1136/bmjopen-2016-012983
12. Dzhambov AM, Dimitrova DD. Heart disease attributed to occupational noise, vibration and other co-exposure: Self-reported population-based survey among Bulgarian workers. *Med Pr*. 2016;67(4):435–45. doi: 10.13075/mp.5893.00437
13. Sokolova TA, Davidova EV, Safronova EA. The effect of industrial vibration on the development of cardiovascular disease. *Nauchnyy Al'manakh*. 2017;(4-3(30)):265–267. (In Russian). doi: 10.17117/na.2017.04.03.265
14. Troshin VV, Morozova PN. Role of cerebrovascular pathology. Systemic prevention of vibration disease in workers of engineering and metal-working industries. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2015;(1(262)):24–27. (In Russian).
15. Sokolova LA, Popova ON, Buzinov RV, Kalinina MM, Gudkov AB. Hygienic assessment of working conditions impact on morbidity with temporary disability of workers in vessel metal hulls assembly shop of machine building plant. *Ekologiya Cheloveka [Human Ecology]*. 2016;(3):18–23. (In Russian). doi: 10.33396/1728-0869-2016-3-18-23
16. Burström L, Nilsson T, Walström J. Combined exposure to vibration and cold. *Barents Newsletters on Occupational Health and Safety*. 2015;18(1):17–18.
17. Kurchevenko SI, Bodienkova GM. Formation of natural body reactivity when exposed to industrial physical factors. *XXI vek. Tekhnosfernaya Bezopasnost'*. 2016;1(4(4)):73–8. (In Russian).
18. Krajnak K. Health effects associated with occupational exposure to hand-arm or whole body vibration. *J Toxicol Environ Health B Crit Rev*. 2018;21(5):320–334. doi: 10.1080/10937404.2018.1557576
19. Gillibrand S, Ntani G, Coggon D. Do exposure limits for hand-transmitted vibration prevent carpal tunnel syndrome? *Occup Med (Lond)*. 2016;66(5):399–402. doi: 10.1093/occmed/kqw025
20. Nepomnyashchikh DL, Postnikova OA, Bobrova SV, Aydagulova SV. Vibration hepato- and gastropathy: clinical, morphological and stereological study. *Sibirskiy Meditsinskiy Zhurnal*. 2011;26(4-1):152–155. (In Russian).
21. Nadalin V, Kreiger N, Parent ME, et al. Prostate cancer and occupational whole-body vibration exposure. *Ann Occup Hyg*. 2012;56(8):968–74. doi: 10.1093/annhyg/mes010
22. Ghimire R, Neupane GP. Prevalent health problems among Nepalese underground construction workers. *J Environ Public Health*. 2020;2020:9436068. doi: 10.1155/2020/9436068
23. Azovskova TA, Lavrentieva NE. Changes of immune homeostasis exposed to production vibration. *Meditsinskiy Sovet*. 2016;(10):174–176. (In Russian). doi: 10.21518/2079-701X-2016-10-174-176
24. Shen SC, House RA. Hand-arm vibration syndrome: What family physicians should know. *Can Fam Physician*. 2017;63(3):206–210.

### References

1. Preobrazhenskaya EA, Sukhova AV, Zorkina LA, Bondareva MV. Hygienic assessment of working conditions and health of the workers of mining and processing enterprises. *Gigiena i Sanitariya*. 2016;95(11):1065–1070. (In Russian). doi: 10.18821/0016-9900-2016-95-11-1065-1070
2. Shaikhislamova ER, Valeeva ET, Volgareva AD, Kondrova NS, Galimova RR, Masyagutova LM. Occupational diseases caused by physical factors in the Republic of Bashkortostan. *Meditsina Truda i Ekologiya Cheloveka*. 2018;(4(16)):63–69. (In Russian).
3. Syurin SA, Gorbanev SA. Production vibration and vibration-related pathology at enterprises in the Arctic. *Rossiyskaya Arktika*. 2019;(6):28–36. (In Russian). doi: 10.24411/2658-4255-2019-10064
4. Nilsson T, Wahlström J, Burström L. Hand-arm vibration and the risk of vascular and neurological diseases – A systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2017;12(7):e0180795. doi: 10.1371/journal.pone.0180795
5. Johanning E. Whole-body vibration-related health disorders in occupational medicine – an international comparison. *Ergonomics*. 2015;58(7):1239–52. doi: 10.1080/00140139.2015.1005170
6. Qamruddin AA, Nik Husain NR, Sidek MY, Hanafi MH, Ripin ZM, Ali N. Prevalence of hand-arm vibration syndrome among tyre shop workers in Kelantan, Malaysia. *J Occup Health*. 2019;61(6):498–507. doi: 10.1002/1348-9585.12078
7. Nieradko-Iwanicka B. Hand-arm vibration syndrome. *Reumatologia*. 2019;57(6):347–49. doi: 10.5114/reum.2019.90364
8. Weier MH. The association between occupational exposure to hand-arm vibration and hearing loss: a systematic literature review. *Saf Health Work*. 2020;11(3):249–261. doi: 10.1016/j.shaw.2020.04.003
9. Bovenzi M, Pinto I, Picciolo F. Risk assessment of vascular disorders by a supplementary hand-arm vascular weighting of hand-transmitted vibration. *Int Arch Occup Environ Health*. 2019;92(1):129–139. doi: 10.1007/s00420-018-1363-y

Статья получена: 28.04.21  
Принята в печать: 08.06.21  
Опубликована: 30.06.21



© Горохов Е.Б., Ляпкало А.А., 2021

УДК 613.648.2

## Уровни электромагнитных полей радиочастотного диапазона на рабочих местах технических специалистов сотовой связи

Е.Б. Горохов<sup>1</sup>, А.А. Ляпкало<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Управление Роспотребнадзора по Тульской области,  
ул. Оборонная, д. 114, г. Тула, 300045, Российская Федерация

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова»,  
ул. Высоковольная, д. 9, г. Рязань, 390026, Российская Федерация

**Резюме.** *Введение.* Одной из основных профессиональных групп работников сотовой радиотелефонной связи являются технические специалисты, непосредственно обслуживающие и осуществляющие текущую безаварийную эксплуатацию передающих радиотехнических объектов (ПРТО) базовых станций (БС) сотовой связи. Передающие антенны и оборудование БС представлены мощными источниками электромагнитных полей (ЭМП) радиочастотного (РЧ) диапазона, которые являются одним из основных неблагоприятных физических факторов производственной среды для технических специалистов на рабочих местах. ЭМП РЧ оказывают влияние на функциональное состояние различных систем организма человека: нервную, сердечно-сосудистую, иммунную. *Цель исследования.* Гигиеническая оценка условий труда работников сотовой связи по показателям уровней ЭМП РЧ и определение профессий, наиболее подверженных их воздействию. *Материалы и методы.* Выполнены инструментальные исследования уровней плотности потока электромагнитной энергии (ППЭЭ), создаваемого приемно-передающим оборудованием БС, непосредственно на площадках обслуживания техническими специалистами отрасли объектов сотовой связи. Проведен хронометраж рабочего времени нахождения технических специалистов на рабочих местах с уровнями ЭМП, превышающими предельно допустимые уровни (ПДУ). *Результаты.* При анализе полученных данных установлено, что значения ППЭЭ на рабочих местах в 28 % замеров превышали допустимые уровни для персонала, обслуживающего ПРТО, при нахождении в указанных производственных условиях, согласно хронометражным исследованиям, от 12 до 61 % рабочего времени в течение рабочей смены. Под воздействием ЭМП РЧ, показатели которых превышают регламентируемые на рабочих местах ПДУ, могут находиться: инженеры по строительству сети, инженеры по эксплуатации сети, энергетики, специалисты по техническому аудиту, инженеры по развитию сети, механики. *Заключение.* Полученные данные позволят в процессе производственной деятельности технических специалистов сотовой связи улучшать условия труда и проводить профилактику заболеваемости, в том числе связанную с воздействием ЭМП РЧ на рабочих местах.

**Ключевые слова:** электромагнитные поля, радиочастотный диапазон, передающие радиотехнические объекты, сотовая связь, базовые станции, рабочие места, технические специалисты.

**Для цитирования:** Горохов Е.Б., Ляпкало А.А. Уровни электромагнитных полей радиочастотного диапазона на рабочих местах технических специалистов сотовой связи // Здоровье населения и среда обитания. 2021. № 6 (339). С. 9–14. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-339-6-9-14>

### Информация об авторах:

✉ **Горохов** Евгений Борисович – главный специалист-эксперт отдела санитарного надзора по гигиене труда, коммунальной и радиационной гигиене Управления Роспотребнадзора по Тульской области; e-mail: [GorohovEvgeny@mail.ru](mailto:GorohovEvgeny@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7372-6986>.

**Ляпкало** Александр Андреевич – д-р мед. наук, профессор кафедры общей гигиены с курсом экологии ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова»; e-mail: [lyapkalo\\_a@mail.ru](mailto:lyapkalo_a@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3956-5514>.

## Radiofrequency Electromagnetic Field Levels at Workplaces of Technical Specialists of Cellular Communication

Е.Б. Gorokhov<sup>1</sup>, А.А. Lyapkalo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tula Regional Rospotrebnadzor Office, 114 Oboronnaya Street, Tula, 300045, Russian Federation

<sup>2</sup>Ryazan State Medical University named after Academician I.P. Pavlov,  
9 Vysokovoltynaya Street, Ryazan, 390026, Russian Federation

**Summary.** *Introduction:* One of the main professional groups of workers in cellular radiotelephone communication includes technical specialists who serve and ensure trouble-free operation of radio transmitters of cellular base stations (BS). Transmitting antennas and BS equipment are powerful sources of radiofrequency electromagnetic fields (RF EMFs) and one of the main adverse physical factors of the working environment for technicians. RF EMFs affect the functional state of various systems of the human body including the nervous, cardiovascular, and immune systems. The *objective* of our study was to assess the exposure to RF EMFs of cellular communication technical specialists and to establish occupations with the highest exposure levels. *Materials and methods:* Instrumental testing of energy flux density of the electromagnetic wave generated by BS receiving and transmitting equipment was carried out at service sites of cellular communication facilities by technical specialists of the industry. The time spent by technicians at workplaces with high EMF levels during the average work shift was measured. *Results:* The analysis of collected data showed that 28 % of energy flux density values measured at workplaces exceeded the maximum permissible level for the personnel serving radio transmitters and spending from 12 to 61 % of the work shift in the specified conditions. We established that network construction engineers, network operation engineers, power engineers, technical audit specialists, network development engineers, and mechanics were exposed to increased RF EMF levels. *Conclusion:* Our findings indicate the necessity to monitor and reduce occupational exposures of technical specialists of cellular communication in order to improve their working conditions and prevent, inter alia, RF EMS-related diseases.

**Keywords:** electromagnetic fields, radiofrequency range, transmitting radio engineering objects, cellular communication, base stations, workplaces, technical specialists.

**For citation:** Gorokhov EB, Lyapkalo AA. Radiofrequency electromagnetic field levels at workplaces of technical specialists of cellular communication. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021; (6(339)):9–14. (In Russian). doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-339-6-9-14>

### Author information:

✉ Evgeny B. **Gorokhov**, Chief specialist – Expert, Department of Sanitary Inspection for Occupational Hygiene, Communal and Radiation Hygiene, Tula Regional Office of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing (Rospotrebnadzor); e-mail: [GorohovEvgeny@mail.ru](mailto:GorohovEvgeny@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7372-6986>.

Alexander A. **Lyapkalo**, D.M.Sc., Professor, Department of Common Hygiene with a course in ecology, Ryazan State Medical University named after Academician I.P. Pavlov; e-mail: [lyapkalo\\_a@mail.ru](mailto:lyapkalo_a@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3956-5514>.

**Введение.** С момента появления сотовой радиотелефонной связи в России появилась и определенная категория работников, обеспечивающих предоставление абонентам данных услуг. Деятельность работников сотовой связи связана с влиянием ряда неблагоприятных факторов производственной среды и трудового процесса, одним из которых являются ЭМП РЧ. За более чем 50-летний период медико-биологических исследований по изучению причинно-следственных связей влияния ЭМП на здоровье человека накоплен достаточно большой материал, позволяющий объединить общие сведения о степени неблагоприятного влияния ЭМП радиочастотного диапазона [1–14]. В результате многочисленных исследований по изучению воздействия ЭМИ РЧ на здоровье населения были выявлены изменения в функционировании нервной системы, нарушения когнитивных функций, показаны факты влияния исследуемого излучения на параметры сердечно-сосудистой системы [15]. Специалисты связывают с электромагнитным излучением ряд серьезных и распространенных заболеваний: вегетососудистой дистонии, гипертонии, атеросклеротического кардиосклероза, церебрального атеросклероза. Следует уточнить, что, как правило, этими недугами страдают люди, постоянно находящиеся под воздействием излучения [16]. Имеется большое количество работ, в которых исследовали состояние нервной системы человека и животных в условиях действия ЭМИ. В ряде исследований сообщается об отсутствии каких-либо существенных последствий, связанных с воздействием, в других работах сообщается о значительных нарушениях в центральной нервной системе (ЦНС) [17]. На сегодняшний день не получено однозначного ответа на вопрос о наличии мутагенного действия ЭМИ РЧ на половые клетки животных и, следовательно, на наследование клеточных аномалий у потомства облученных животных [18]. Несмотря на большое количество научных исследований и публикаций, нет определенности относительно вреда ЭМП, при этом его вредное влияние на живые организмы не вызывает сомнений [19].

Таким образом, необходимость объективного изучения особенностей влияния модулированных ЭМП приобретает особую значимость в связи с широким распространением систем сотовой связи как источника профессионального и непрофессионального воздействия на человека ЭМП [20]. Чрезвычайно интенсивное развитие сотовой связи является причиной существенного увеличения электромагнитного фона [21]. Среди источников ЭМП неионизирующей природы большим разнообразием по назначению и режимам электромагнитного излучения отличаются источники, генерирующие ЭМИ в диапазоне радиочастот (ЭМП РЧ), т. е. от 30 кГц до 300 ГГц. Число базовых станций быстро увеличивается в связи с активным внедрением систем коммуникаций третьего (3G) и четвертого (4G) поколений [22]. Источниками электромагнитного излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ) являются различные радиотехнические и электронные устройства, в том числе и радиосвязь [23].

Несомненно, что фактором, воздействующим на технических специалистов сотовой связи, являются ЭМП, создаваемые приемо-передающим оборудованием БС сотовой радиотелефонной связи, на рабочих местах. Антенны сотовой связи, как правило, размещаются на кровле и фасадах административных и жилых зданий, крышах и стенах промышленных предприятий, дымовых трубах, отдельно стоящих башнях, опорах, мачтах и столбах. Стоит отметить, что все эти варианты размещения оборудования связи не противоречат требованиям санитарных норм и правил при условии соблюдения допустимых уровней ЭМП для среды обитания, селитебной территории и рабочих мест. Указанные места размещения приемо-передающего оборудования являются площадками обслуживания БС, на которых проводятся работы техническим персоналом компаний сотовой связи. Уровни ЭМП радиочастотного диапазона на рабочих местах специалистов, обслуживающих радиотехнические объекты, не должны превышать 25 мВт/см<sup>2</sup> при 8 часовом рабочем дне. Несмотря на различные подходы и нормируемые величины, при сравнении измеренных значений с российскими и европейскими предельно допустимыми уровнями (ПДУ) российские ПДУ являются более строгими [24]. Соответствие ЭМИ санитарным нормам и соблюдение простых правил с систематическим мониторингом среды обитания позволяют не допустить превышения ПДУ и возникновения проблем, связанных со здоровьем [25].

Оборудование БС сотовой связи представлено секторными антеннами, антеннами радиорелейной связи (РРС), фидерными трактами, электрическими и кабельными проводами, аппаратной со специализированным набором технических средств. Секторные антенны, обычно в количестве 3 штук на 1 диапазон, устанавливаются по противоположным сторонам площадки размещения ПРТО и обеспечивают непосредственное покрытие территории обслуживания базовой станции. Антенны РРС связывают и передают информацию между ближайшими базовыми станциями и обеспечивают их взаимодействие. Антенно-фидерные тракты осуществляют энергоснабжение и передачу данных между структурными элементами базовых станций. В настоящее время выпускается большое число различных типов панельных антенн. Наряду с диаграммой направленности важной характеристикой антенны является рабочий частотный диапазон. Это может быть 1800, 1900, 2100, 2400 МГц и др. На многих базовых станциях используется не один диапазон, а сразу два (900 МГц и 1800 МГц) или даже три с учетом системы 3G (2100 МГц) [26]. Число абонентов сетей сотовой связи непрерывно возрастало и появилась потребность в дополнительных услугах сетей мобильной связи, таких как электронная почта, конференц-связь и др. [27]. Для современных базовых станций характерно увеличение числа антенн, работающих в разных частотных диапазонах GSM (900 и 1800 МГц), UMTS (2000 МГц), LTE (450 и 2600 МГц); количество сторонних операторов на одной площадке может доходить до трех – пяти [28]. Возникает необходимость визуализации распределения ППЭ в пределах

крыши не только на уровне 2 м, но и на высоте обслуживаемой антенны (для оценки производственных воздействий ЭМП) [29]. В местах скопления абонентов в прямой видимости БС преимущественный вклад в общий уровень электромагнитного фона вносят излучения множества БС на рассматриваемой городской территории [30].

В современной научной литературе достаточно подробно отражена история развития сотовой связи в мире и России и дана оценка дальнейшего влияния на рост и развитие отрасли услуг связи в будущем как перспективного направления развития коммуникационных и информационных технологий мирового ИТ-рынка, которое, в свою очередь, оказывает многофакторное влияние на среду обитания населения и работающих в социально-бытовых и производственных условиях. В литературе освещены различные вопросы влияния на здоровье человека сотовых телефонов как источника ЭМП РЧ. В то же время, учитывая, что сотовая связь вошла в повседневную жизнь сравнительно недавно, в исследованиях не приводятся подтвержденные данные об отдаленных последствиях влияния на организм человека сотовой связи, поскольку результаты можно будет получить и дать им научную оценку только по прошествии значительного времени проведения наблюдений. Научные исследования, проводимые в нашей стране и за рубежом, подтверждают влияние оборудования сотовой связи различных частотных диапазонов на различные системы организма человека [2, 3, 6, 8, 20, 22, 27, 28]. В то же время анализ и обсуждение существующих литературных источников показывают, что малоизученными являются вопросы комплексной оценки особенностей условий труда работников сотовой связи, в том числе с учетом воздействия уровней ЭМП РЧ [3, 6, 17, 19, 29]. Представленные материалы послужили основанием для постановки целей и задач настоящего исследования.

**Цель исследования.** Оценить фактические значения уровней ППЭЭ на рабочих местах технических специалистов на площадках обслуживания передающих антенн и в аппаратных базовых станциях сотовой радиотелефонной связи и установить профессии, наиболее подверженные воздействию ЭМП РЧ со значениями, не соответствующими санитарным нормам.

**Материалы и методы.** В ходе исследований уровней ЭМП на рабочих местах технических специалистов компаний сотовой связи за периоды 2012–2014 гг. и 2018–2019 гг. выполнено более 1800 инструментальных измерений ППЭЭ на площадках обслуживания ПРТО в местах размещения приемо-передающих антенн и в аппаратных базовых станциях. Инструментальные измерения проводились в соответствии с методическими указаниями по методам контроля<sup>1</sup>. Для проведения исследований применялись

измеритель плотности потока энергии ПЗ-30 и измеритель электромагнитных излучений ПЗ-40, поверенные в установленном порядке. Гигиеническая оценка и нормирование результатов измерений даны в соответствии с требованиями санитарных правил и нормативов<sup>2,3</sup>.

**Результаты.** На площадках обслуживания ПРТО подвергаются возможному воздействию ЭМП РЧ специалисты по техническому аудиту, энергетике, механике, инженеры по строительству сети, инженеры по эксплуатации сети, инженеры по развитию сети. Исследования выполнялись на базе 3 компаний (операторов связи), предоставляющих услуги сотовой сухопутной подвижной радиосвязи на территории г. Тулы и Тульской области. Измерения выполнялись в местах размещения приемо-передающих антенн на рабочих местах технических специалистов при выполнении ими производственных процессов и в помещениях аппаратных БС.

В ходе исследований уровней ЭМП на рабочих местах технических специалистов на площадках обслуживания БС нами зарегистрировалась ППЭЭ в пределах от 1 до 300 мкВт/см<sup>2</sup>. Соотношение полученных результатов к общему числу выполненных измерений ППЭЭ составило: от 0,1 до 25 мкВт/см<sup>2</sup> – 1332 измерения (72 %); от 26 до 99 мкВт/см<sup>2</sup> – 453 измерения (24,5 %), от 100 до 199 мкВт/см<sup>2</sup> – 33 измерения (1,8 %); от 200 до 300 мкВт/см<sup>2</sup> – 32 измерения (1,7 %). В итоге число исследований, при которых установлены уровни ППЭЭ, превышающие допустимые нормативные значения 25 мкВт/см<sup>2</sup>, принятые для работников, профессионально связанных с возможным воздействием ЭМП, составило 518 измерений (28 %) от общего числа проведенных исследований. Результаты части исследований, которые не учитывались в окончательном анализе полученных данных, находились ниже пределов чувствительности прибора и составляли < 0,1 мкВт/см<sup>2</sup>. Средние показатели ППЭЭ на рабочих местах технических специалистов на базовых станциях с нижним и верхним значениями ДИ 95 % представлены в табл. 1.

Следует отметить, что ППЭЭ на площадках обслуживания в местах размещения приемо-передающих антенн базовых станций на 28 % исследованных рабочих мест превышали ПДУ от 1,1 до 12 раз. Эти показатели получены при эксплуатации всего комплекса радиотехнического оборудования различных операторов связи, установленного на площадках обслуживания, так как непосредственно приемо-передающие антенны являются значительным источником ЭМП, уровни которых при выходе из антенны могут многократно превышать допустимые нормативы.

По результатам исследований средние значения уровней ЭМП на рабочих местах технических специалистов по профессиям составили:

<sup>1</sup> МУК 4.3.1677–03 «Определение уровней электромагнитного поля, создаваемого излучающими техническими средствами телевидения, ЧМ-радиовещания и базовых станций сухопутной подвижной радиосвязи», утверждены и введены в действие Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 29.06.2003 г.

<sup>2</sup> СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190–03 «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи», утверждены Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 30.01.2003 г., введены в действие 01.06.2003 г.

<sup>3</sup> СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383–03 «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов», утверждены Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 09.06.2003 г., введены в действие 30.06.2003 г.

Таблица 1. Средние показатели уровней ППЭЭ на базовых станциях сотовой связи  
Table 1. Average values of electromagnetic energy flux density at cellular base stations

Место проведения измерений / Measuring site	Фактическое значение, мкВт/см <sup>2</sup> (ДИ) / n – количество исследований / Actual value, μW/cm <sup>2</sup> (CI) / n – number of measurements	ПДУ, мкВт/см <sup>2</sup> / Maximum permissible level, μW/cm <sup>2</sup>
Площадки обслуживания базовых станций / Base station service platforms	21,3 (14,3 : 28,3) n = 1530	25
Аппаратные базовых станций / Base station instrument rooms	1,9 (1,6 : 2,2) n = 320	

– инженеры по развитию сети: оператор связи № 1 – от 2,0 мкВт/см<sup>2</sup> до 76,0 мкВт/см<sup>2</sup> (среднее значение  $36 \pm 7$  мкВт/см<sup>2</sup>); оператор связи № 2 – от 4,0 мкВт/см<sup>2</sup> до 71,0 мкВт/см<sup>2</sup> ( $41 \pm 8$  мкВт/см<sup>2</sup>); оператор связи № 3 – от 2,0 мкВт/см<sup>2</sup> до 69,0 мкВт/см<sup>2</sup> ( $32 \pm 4$  мкВт/см<sup>2</sup>);

– специалисты по техническому аудиту: оператор связи № 1 – от 1,5 мкВт/см<sup>2</sup> до 55,0 мкВт/см<sup>2</sup> (среднее значение  $37 \pm 6$  мкВт/см<sup>2</sup>); оператор связи № 2 – от 3,0 мкВт/см<sup>2</sup> до 62,0 мкВт/см<sup>2</sup> ( $42 \pm 6$  мкВт/см<sup>2</sup>); оператор связи № 3 – от 2,0 мкВт/см<sup>2</sup> до 64,0 мкВт/см<sup>2</sup> ( $44 \pm 5$  мкВт/см<sup>2</sup>);

– механики: оператор связи № 1 – от 1,8 мкВт/см<sup>2</sup> до 63,0 мкВт/см<sup>2</sup> (среднее значение  $29 \pm 4$  мкВт/см<sup>2</sup>); оператор связи № 2 – от 4,0 мкВт/см<sup>2</sup> до 72,0 мкВт/см<sup>2</sup> ( $33 \pm 6$  мкВт/см<sup>2</sup>); оператор связи № 3 – от 2,0 мкВт/см<sup>2</sup> до 69,0 мкВт/см<sup>2</sup> ( $34 \pm 3$  мкВт/см<sup>2</sup>);

– энергетики: оператор связи № 1 – от 2,0 мкВт/см<sup>2</sup> до 83,0 мкВт/см<sup>2</sup> (среднее значение  $62 \pm 6$  мкВт/см<sup>2</sup>); оператор связи № 2 – от 5,0 мкВт/см<sup>2</sup> до 75,0 мкВт/см<sup>2</sup> ( $55 \pm 4$  мкВт/см<sup>2</sup>); оператор связи № 3 – от 4,0 мкВт/см<sup>2</sup> до 72,0 мкВт/см<sup>2</sup> ( $51 \pm 7$  мкВт/см<sup>2</sup>);

– инженеры по строительству сети: оператор связи № 1 – от 2,5 мкВт/см<sup>2</sup> до 149,0 мкВт/см<sup>2</sup> (среднее значение  $85 \pm 9$  мкВт/см<sup>2</sup>); оператор связи № 2 – от 4,0 мкВт/см<sup>2</sup> до 161,0 мкВт/см<sup>2</sup> ( $88 \pm 5$  мкВт/см<sup>2</sup>); оператор связи № 3 – от 2,0 мкВт/см<sup>2</sup> до 170,0 мкВт/см<sup>2</sup> ( $81 \pm 4$  мкВт/см<sup>2</sup>);

– инженеры по эксплуатации сети: оператор связи № 1 – от 6,0 мкВт/см<sup>2</sup> до 300,0 мкВт/см<sup>2</sup> (среднее значение  $117 \pm 8$  мкВт/см<sup>2</sup>); оператор связи № 2 – от 11,0 мкВт/см<sup>2</sup> до 282,0 мкВт/см<sup>2</sup> ( $112 \pm 7$  мкВт/см<sup>2</sup>); оператор связи № 3 – от 15,0 мкВт/см<sup>2</sup> до 265,0 мкВт/см<sup>2</sup> ( $110 \pm 6$  мкВт/см<sup>2</sup>).

Процент исследований ППЭЭ на рабочих местах технических специалистов с уровнями, превышающими предельно допустимые, представлены в табл. 2.

Учитывая результаты исследований, можно сделать вывод, что показатели уровней ЭМП РЧ являются важным гигиенически значимым физическим фактором на рабочих местах технических специалистов сотовой связи в процессе их производственной деятельности. По данным хронометражных исследований затрат рабочего времени установлено, что продолжительность нахождения технических специалистов на площадках обслуживания, в том числе на рабочих местах, где зарегистрированы уровни ЭМП РЧ, превышающие ПДУ, в среднем составляет для механиков 12,6 % рабочего времени, инженеров по развитию сети – 17,5 %, специалистов по техническому аудиту – 18,5 %, энергетиков – 20,4 %, инженеров по эксплуатации сети – 42,1 %, инженеров по строительству сети – 61,3 %. Таким образом, под значительное воздействие уровней ЭМП РЧ ПРТО по количественным и временным характеристикам в большей степени попадают

Таблица 2. Доля исследований ППЭЭ на рабочих местах технических специалистов с уровнями, превышающими предельно допустимые

Table 2. The percentage of results of electromagnetic energy flux density measurements exceeding the maximum permissible level at workplaces of technical specialists

Профессии / Occupations	Оператор связи № 1 / Telecom operator No. 1		Оператор связи № 2 / Telecom operator No. 2		Оператор связи № 3 / Telecom operator No. 3	
	Доля исследова- ний > ПДУ, % / Percentage of measurements > max permissible level, %	Среднее значение, мкВт/см <sup>2</sup> / Average value, μW/cm <sup>2</sup>	Доля исследо- ваний > ПДУ, % / Percentage of measurements > max permissible level, %	Среднее значение, мкВт/см <sup>2</sup> / Average value, μW/cm <sup>2</sup>	Доля исследо- ваний > ПДУ, % / Percentage of measurements > max permissible level, %	Среднее значение, мкВт/см <sup>2</sup> / Average value, μW/cm <sup>2</sup>
Инженеры по развитию сети / Network development engineers	18 ± 2	36 ± 7	21 ± 2	41 ± 8	18 ± 1	32 ± 4
Специалисты по техниче- скому аудиту / Technical audit specialists	12 ± 1	37 ± 6	20 ± 1	42 ± 6	18 ± 2	44 ± 5
Механики / Mechanics	17 ± 1	29 ± 4	21 ± 2	33 ± 6	16 ± 1	34 ± 3
Энергетики / Power engineers	22 ± 1	62 ± 6	21 ± 1	55 ± 4	19 ± 2	51 ± 7
Инженеры по строитель- ству сети / Network construction engineers	25 ± 2	85 ± 9	27 ± 2	88 ± 5	25 ± 1	81 ± 4
Инженеры по эксплуатации сети / Network operation engineers	34 ± 3	117 ± 8	29 ± 2	112 ± 7	31 ± 3	110 ± 6

инженеры по строительству сети, инженеры по эксплуатации сети, энергетики, а в меньшей степени – специалисты по техническому аудиту, инженеры по развитию сети, механики. Анализируя результаты исследований уровней ЭМП, создаваемых передающими антеннами базовых станций сотовой связи, можно сделать вывод, что с учетом работы полного комплекса радиотехнического оборудования на 28 % рабочих мест технических специалистов при 8-часовом рабочем дне условия труда будут отнесены к вредному классу условий труда (3) при воздействии неионизирующих излучений. В свою очередь, на рабочих местах специалистов по техническому аудиту, инженеров по развитию сети, инженеров по планированию и оптимизации сети, энергетиков и механиков указанный вредный класс (3) можно отнести к 1 степени (3.1) с превышением ПДУ  $\leq 3$  раза; на рабочих местах инженеров по эксплуатации сети и инженеров по строительству сети – ко 2 степени (3.2) с превышением ПДУ  $\leq 5$  раз. При этом уровни ЭМП на 72 % рабочих мест всех профессиональных групп технических специалистов находились в рамках ПДУ.

**Заключение.** Гигиеническая оценка уровней ЭМП РЧ с последующим анализом полученных данных, в том числе при организации и проведении производственного контроля за соблюдением санитарных правил и нормативов, позволит компаниям сотовой связи организовать трудовой процесс, создавая допустимые условия труда на рабочих местах. Таким образом будет повышена эффективность работы ключевых групп технических специалистов и осуществлена профилактика возникновения различных нозологических форм заболеваний вследствие воздействия неблагоприятных физических факторов производственной среды. Эти результаты могут быть достигнуты путем регламентации и сокращения рабочего времени при нахождении в условиях с превышением ПДУ ЭМП, снижения мощности или полного отключения оборудования ПРТО при техническом обслуживании операторами, использования работниками рекомендованных средств индивидуальной защиты и прохождения регулярных медицинских осмотров.

**Информация о вкладе авторов:** Е.Б. Горохов – обзор литературы по теме, сбор, обработка и обобщение данных, написание текста; А.А. Ляпкало – разработка и корректировка дизайна исследования.

**Финансирование:** работа не имела спонсорской поддержки, авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах.

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Список литературы (пп. 5–6, 8–14 см. References)

1. Григорьев Ю.Г. Электромагнитная безопасность человека // Российский национальный комитет по защите от неионизирующего излучения. 1999. 145 с.
2. Григорьев Ю.Г., Григорьев К.А. Электромагнитные поля базовых станций подвижной радиосвязи и экология. Оценка опасности электромагнитных полей базовых станций для населения и биосистем // Радиационная биология. Радиоэкология. 2005. Т. 45. № 6. С. 726–731.
3. Григорьев Ю.Г. Значимость адекватной информации по оценке опасности ЭМП сотовой связи для здоровья населения (первая четверть XXI века) // Радиационная биология. Радиоэкология. 2020. Т. 60. № 5. С. 532–540.
4. Пальцев Ю.П., Походзей Л.В., Рубцова Н.Б., Богачева Е.В. Проблемы гармонизации гигиенических регламентов электромагнитных полей мобильных средств радиосвязи // Гигиена и санитария. 2013. Т. 92. № 3. С. 39–42.
5. Григорьев Ю.Г. Сравнительные оценки опасности ионизирующих и неионизирующих электромагнитных излучений // Радиационная биология. Радиоэкология. 2012. Т. 52. № 2. С. 215–218.
6. Ященко С.Г., Рыбалко С.Ю. Мониторинг электромагнитной обстановки санаторно-курортных зон Крыма // Вестник физиотерапии и курортологии. 2018. Т. 24. № 1. С. 132.
7. Касьянова В.В., Ващенко В.В., Черкесова Л.В. Влияние сетевых вышек на здоровье человека // Молодой исследователь Дона. 2019. № 3 (18). С. 15–18.
8. Наумов А.Д. Воздействие высокочастотных электромагнитных полей на нервную систему // Вестник Витебского государственного медицинского университета. 2020. Т. 19. № 4. С. 7–13.
9. Шибкова Д.З., Шилкова Т.В., Овчинникова А.В., Ефимова Н.В. Цитогенетические эффекты воздействия электромагнитного излучения радиочастотного диапазона у облученных экспериментальных животных и их потомства // Радиационная биология. Радиоэкология. 2018. Т. 58. № 6. С. 646–652.
10. Демидов В.В., Демидов А.В. Обеспечение электромагнитной безопасности при проектировании, строительстве, реконструкции и эксплуатации промышленных и гражданских объектов // Вестник гражданских инженеров. 2019. № 3(74). С. 242–248.
11. Седов Д.С., Махина В.И., Иванченко М.Н. Влияние электромагнитного излучения, создаваемого мобильными устройствами, на здоровье человека // Бюллетень медицинских интернет-конференций. 2012. Т. 2. № 11. С. 918–919.
12. Мордачев В.И. Электромагнитный фон, создаваемый базовым и абонентским радиооборудованием сотовых радиосетей // Доклады БГУИР. 2016. № 1 (95). С. 38–44.
13. Луценко Л.А., Егорова А.М., Гвоздева Л.Л., Турдыев Р.В. Вопросы гигиенической безопасности сотовой связи // Гигиена, токсикология, профилактика: традиции и современность: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием под ред. д.м.н., проф. Поповой А.Ю., акад. РАМН, проф. Ракитского В.Н. М., 2016. С. 139–143.
14. Шувалова Е.А., Тюрина А.А., Орехова А.Ю. Современные тенденции разработки отделочных строительных материалов для защиты от электромагнитного излучения радиочастотного диапазона // Национальная ассоциация ученых (НАУ). 2017. № 6 (33). С. 47–49.
15. Перов С.Ю., Богачева Е.В. Сравнение методов оценки носимых средств связи: российский и международный подходы // Медицина труда и промышленная экология. 2012. № 3. С. 36–40.
16. Джанаев С.А.-Б., Алишева А.Е., Цыгута А.Н. Методы определения уровня электромагнитного поля беспроводных систем связи и их соответствие требованиям санитарных норм // Научный результат. Информационные технологии. 2018. Т. 3. № 1. С. 43–52.
17. Глоба М.Д., Наслузова О.И. Антенны для приема и передачи сигналов сотовой связи // Эпохи науки. 2015. № 4. С. 140.
18. Зубарев Ю.Б., Самойлов А.Г. О развитии мобильной связи пятого поколения // Перспективные технологии в средствах передачи информации (ПТСПИ). 2017. С. 5–10.
19. Егорова А.М., Луценко Л.А. Актуальные проблемы гигиенической безопасности базовых станций сотовой связи // Актуальные вопросы организации контроля и надзора за физическими факторами: материалы Всероссийской научно-практической конференции. 2017. С. 105–107.
20. Звездина М.Ю., Шоков А.В., Шокова Ю.А., Лебедев А.Р. Оценка электромагнитной обстановки

на крыше жилого здания в присутствии антенны сотовой связи // Вестник Донского государственного технического университета. 2015. Т. 15. № 3 (82). С. 102–110.

30. Свистунов А.С. Оценка уровня электромагнитного фона, создаваемого базовыми станциями и абонентскими устройствами сотовых радиосетей в местах с высокой плотностью населения // Доклады БГУИР. 2018. № 6 (116). С. 26–31.

#### References

- Grigoriev YuG. [Human Electromagnetic Safety.] *Russian National Committee for Protection against Non-Ionizing Radiation*. 1999. (In Russian).
- Grigoriev YuG, Grigoriev KA. The electromagnetic fields of the base stations of the mobile radio communication and ecology. The estimation of danger of the base station EMF for population and for biosystems. *Radiatsionnaya Biologiya. Radioekologiya*. 2005;45(6):726–731. (In Russian).
- Grigoriev YuG. Significance of adequate information about the danger of cellular connection for health of population in the XXI century. *Radiatsionnaya Biologiya. Radioekologiya*. 2020;60(5):532–540. (In Russian). doi: 10.31857/S0869803120050045
- Paltsev YuP, Pokhodzey LV, Rubtsova NB, Bogacheva EV. Problems of harmonization of sanitary regulations of the electromagnetic fields of mobile radio communications equipment. *Gigiena i Sanitariya*. 2013;92(3):39–42. (In Russian).
- Dolan M, Rowley J. The precautionary principle in the context of mobile phone and base station radiofrequency exposures. *Environ Health Perspect*. 2009;117(9):1329–32. doi: 10.1289/ehp.0900727
- Elmas O. Effects of electromagnetic field exposure on the heart: a systematic review. *Toxicol Ind Health*. 2016;32(1):76–82. doi: 10.1177/0748233713498444
- Grigoriev YuG. Ionizing and non-ionizing radiation (comparative risk estimations). *Radiatsionnaya Biologiya. Radioekologiya*. 2012;52(2):215–218. (In Russian).
- Kesari KK, Kumar S, Nirala J, Siddiqui MH, Behari J. Biophysical evaluation of radiofrequency electromagnetic field effects on male reproductive pattern. *Cell Biochem Biophys*. 2013;65(2):85–96. doi: 10.1007/s12013-012-9414-6
- Kovacic P, Somanathan R. Electromagnetic fields: mechanism, cell signaling, other bioprocesses, toxicity, radicals, antioxidants and beneficial effects. *J Recept Signal Transduct Res*. 2010;30(4):214–26. doi: 10.3109/10799893.2010.488650
- Leitgeb N. Improved classification of evidence for EMF health risks. *Health Phys*. 2012;103(2):195–9. doi: 10.1097/HP.0b013e31825aa453
- Naarala J, Höytö A, Markkanen A. Cellular effects of electromagnetic fields. *Altern Lab Anim*. 2004;32(4):355–60. doi: 10.1177/026119290403200406
- Nayyeri V, Hashemi SM, Borna M, Jalilian HR, Soleimani M. Assessment of RF radiation levels in the vicinity of 60 GSM mobile phone base stations in Iran. *Radiat Prot Dosimetry*. 2013;155(2):241–4. doi: 10.1093/rpd/ncs319
- Seitz H, Stinner D, Eikmann Th, Herr C, Rössli M. Electromagnetic hypersensitivity (EHS) and subjective health complaints associated with electromagnetic fields of mobile phone communication – a literature review published between 2000 and 2004. *Sci Total Environ*. 2005;349(1–3):45–55. doi: 10.1016/j.scitotenv.2005.05.009
- Vanderstraeten J. [GSM fields and health: an updated literature review.] *Rev Med Brux*. 2009;30(4):416–24. (In French).
- Yashchenko SG, Rybalko SYu. [Monitoring of the electromagnetic environment in health resort areas of Crimea.] *Vestnik Fizioterapii i Kurortologii*. 2018;24(1):132. (In Russian).
- Kasyanova VV, Vashchenko VV, Cherkessova LV. Influence of network towers on human health. *Molodoy Issledovatel' Dona*. 2019;3(18):15–18. (In Russian).
- Navumau AD. The impact of high frequency electromagnetic fields on the nervous system. *Vestnik Vitebskogo Gosudarstvennogo Meditsinskogo Universiteta*. 2020;19(4):7–13. (In Russian). doi: 10.22263/2312-4156.2020.4.7
- Shibkova DZ, Shilkova TV, Ovchinnikova AV, Yefimova NV. Cytogenetic effects of electromagnetic radiation of radio-frequency range on irradiated experimental animals and their posterity. *Radiatsionnaya Biologiya. Radioekologiya*. 2018;58(6):646–652. (In Russian). doi: 10.1134/S0869803118060115
- Demidov VP, Demidov AV. Ensuring electromagnetic safety during design, construction, reconstruction and operation of industrial and civil facilities. *Vestnik Grazhdanskikh Inzhenerov*. 2019;(3(74)):242–248. (In Russian). doi: 10.23968/1999-5571-2018-16-3-242-248
- Sedov DS, Makhina VI, Ivanchenko MN. [Influence of electromagnetic radiation generated by mobile devices on human health.] *Byulleten' Meditsinskikh Internet-Konferentsiy*. 2012;2(11):918–919. (In Russian).
- Mordachev VI. Electromagnetic background created by base and mobile radio stations of cellular communications. *Doklady BGUIR*. 2016;(1(95)):38–44. (In Russian).
- Lutsenko LA, Egorova AM, Gvozdeva LL, Turdyev RV. [Issue of hygienic safety of cellular communication]. In: *Hygiene, Toxicology, Occupational Pathology: Traditions and Modernity: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation, Moscow, November 9–10, 2016*. Popova AYU, Rakitsky VN, eds. Moscow: Dashkov & Co Publ., 2016:139–143. (In Russian).
- Shuvalova EA, Tyurina AA, Orekhova AYU. Modern trends in the development of finishing construction materials for protection against electromagnetic radiation radio frequency. *Natsional'naya Assotsiatsiya Uchenykh (NAU)*. 2017;(6(33)):47–49. (In Russian).
- Perov SYu, Bogacheva EV. Comparison of portable communication evaluation: Russian and international approaches. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2012;(3):36–40. (In Russian).
- Dzhanaev SAB, Alisheva AE, Tsyguta AN. Methods for determining the level of the electromagnetic field of wireless communication systems and their conformity to the requirements of sanitary standards. *Nauchnyy Rezul'tat. Informatsionnye Tekhnologii*. 2018;3(1):43–52. (In Russian). doi: 10.18413/2518-1092-2018-3-1-43-52
- Globo MD, Nasluzova OI. [Antennas for receiving and transmitting cellular signals.] *Epokha Nauki*. 2015;(4):140. (In Russian).
- Zubarev YuB, Samoilov AG. [About the development of mobile communications of the fifth generation.] In: *Advanced Technologies in the Means of Information Transmission – PTSPI-2017: Proceedings of the 12th International Scientific and Technical Conference, Suzdal, July 5–7, 2017*. Vladimir: Vladimirskiy Gosudarstvennyy Universitet Publ., 2017:5–10. (In Russian).
- Egorova AM, Lutsenko LA. [Actual problems of hygienic safety of cellular base stations.] In: *Topical Issues of Organization of Control and Supervision of Physical Factors: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference, Moscow, May 25–26, 2017*. Popova AYU, ed. Moscow: Dashkov & Co. Publ., 2017:105–108. (In Russian).
- Zvezdina MYu, Shokova YuA, Lebedev AR. Electromagnetic radiation security estimation on the residential building roof for cellular antenna. *Vestnik Donskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta*. 2015;15(3(82)):102–110. (In Russian). doi: 10.12737/12591
- Svistunov AS. Estimation of electromagnetic background level created by base and mobile stations of cellular radionetworks in urban area with high density of population. *Doklady BGUIR*. 2018;(6(116)):26–31. (In Russian).

© Хисамиев И.И., Шарафутдинова Н.Х., Шарафутдинов М.А., 2021

УДК 613.6.02:613.6.62:613.64:614.8

**Сравнительная характеристика условий труда работников и состояние профессиональной заболеваемости в Республике Башкортостан**И.И. Хисамиев<sup>1</sup>, Н.Х. Шарафутдинова<sup>2</sup>, М.А. Шарафутдинов<sup>2</sup><sup>1</sup>ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Башкортостан», ул. Шафиева, д. 7, г. Уфа, 450054, Российская Федерация<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России, ул. Ленина, д. 3, г. Уфа, 450008, Российская Федерация

**Резюме.** Введение. Улучшение условий труда работающего населения на предприятиях различных отраслей экономики возможно при решении комплекса организационных, социальных, правовых и других задач. Цель исследования заключалась в изучении условий труда и профессиональной патологии работников, занятых в различных отраслях экономики Республики Башкортостан, в 2000–2019 гг. Материалы и методы. Проанализированы условия труда населения, работающего на предприятиях республики, и показатели профессиональной заболеваемости. Результаты. Вредные условия труда оказывали влияние на работников преимущественно вследствие несовершенства технологических процессов и оборудования, конструктивных недостатков машин, механизмов, оборудования, приспособлений и инструментов. Более трети случаев профессиональных патологий относилось к классу болезней костно-мышечной системы и каждый пятый случай – к болезням органов дыхания. Среди нозологических форм преобладали радикулопатии и вибрационная болезнь. У мужчин, работающих в контакте с общей вибрацией, отмечался максимальный риск развития профессиональной патологии и риски, возникающие при воздействии других производственных факторов. На предприятиях добывающей и обрабатывающей промышленности, в строительстве наиболее часто условия труда не отвечали санитарно-гигиеническим требованиям по тяжести трудового процесса, шумовому и химическому фактору, в сельском хозяйстве – по тяжести трудового процесса, в отраслях транспорта и связи – по тяжести и напряженности трудового процесса. Заключение. В Республике Башкортостан прослеживается стойкая тенденция увеличения доли лиц, работающих во вредных и (или) опасных условиях труда, при этом отмечается снижение уровня регистрируемой профессиональной заболеваемости.

**Ключевые слова:** условия труда, профессиональная заболеваемость, профилактика, риск здоровью.

**Для цитирования:** Хисамиев И.И., Шарафутдинова Н.Х., Шарафутдинов М.А. Сравнительная характеристика условий труда работников и состояние профессиональной заболеваемости в Республике Башкортостан // Здоровье населения и среда обитания. 2021. № 6 (339). С. 15–24. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-339-6-15-24>

**Информация об авторах:**

✉ **Хисамиев** Ильнур Ильсович – заместитель главного врача ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Башкортостан»; e-mail: [khisamiev.iln@yandex.ru](mailto:khisamiev.iln@yandex.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9024-8725>.

**Шарафутдинова** Назира Хамзиновна – д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой организации здравоохранения и общественного здоровья ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России; e-mail: [nazira-h@rambler.ru](mailto:nazira-h@rambler.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8727-1203>.

**Шарафутдинов** Марат Амирович – д-р мед. наук, профессор, профессор кафедры организации здравоохранения и общественного здоровья ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России; e-mail: [poly-gkb@ufamail.ru](mailto:poly-gkb@ufamail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0750-5928>.

**Comparative Characteristics of Working Conditions and Occupational Morbidity across Industries in the Republic of Bashkortostan**I.I. Khisamiev,<sup>1</sup> N.Kh. Sharafutdinova,<sup>2</sup> M.A. Sharafutdinov<sup>2</sup><sup>1</sup>Center for Hygiene and Epidemiology in the Republic of Bashkortostan, 7 Shafiev Street, Ufa, 450054, Russian Federation<sup>2</sup>Bashkir State Medical University of the Russian Ministry of Health, 3 Lenin Street, Ufa, 450008, Russian Federation

**Summary.** Background: Improvement of working conditions at enterprises of various sectors of economy can be achieved by solving comprehensive organizational, social, legal and other tasks. The purpose of the research was to study working conditions and occupational morbidity of workers of various industries in the Republic of Bashkortostan in 2000–2019. Materials and methods: We analyzed working conditions of the population employed at the enterprises of the republic and occupational disease rates. Results: Most occupational risk factors were attributed to imperfection of technological processes, equipment and design flaws of machines, mechanisms, equipment, devices and tools. More than a third of cases of occupational disorders were diseases of the musculoskeletal system while every fifth case was that of a respiratory disease; radiculopathy and vibration disease prevailed among nosological forms. Men exposed to general vibration were most at risk of developing occupational diseases, including those induced by other occupational risk factors. At enterprises of mining, construction, and manufacturing industry, working conditions usually failed to meet sanitary and hygienic requirements for physical work heaviness, noise and chemical exposures, in agriculture – for physical work heaviness, and in transport and communications – for work heaviness and intensity. Conclusion: We observed a steady increase in the proportion of employees exposed to occupational risk factors and/or hazards and a simultaneous decrease in registered occupational disease incidence rates.

**Keywords:** working conditions, occupational diseases, prevention, health risk.

**For citation:** Khisamiev I, Sharafutdinova NK, Sharafutdinov MA. Comparative characteristics of working conditions and occupational morbidity across industries in the Republic of Bashkortostan. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021; (6(339)):15–24. (In Russian). doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-339-6-15-24>

**Author information:**

✉ **Ilnur I. Khisamiev**, Deputy Head Doctor, Center for Hygiene and Epidemiology in the Republic of Bashkortostan; e-mail: [khisamiev.iln@yandex.ru](mailto:khisamiev.iln@yandex.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9024-8725>.

**Nazira Kh. Sharafutdinova**, D.M.Sc., Professor, Head of the Department of Healthcare Organization and Public Health, Bashkir State Medical University of the Russian Ministry of Health; e-mail: [nazira-h@rambler.ru](mailto:nazira-h@rambler.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8727-1203>.

**Marat A. Sharafutdinov**, D.M.Sc., Professor, Department of Healthcare Organization and Public Health, Bashkir State Medical University of the Russian Ministry of Health; e-mail: [poly-gkb@ufamail.ru](mailto:poly-gkb@ufamail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0750-5928>

**Введение.** Для развития эффективного экономического потенциала государства важнейшей задачей является решение основных вопросов по сохранению и укреплению здоровья работающего населения [1], поэтому экономически важно и выгодно поддерживать здоровье работников на высоком уровне [2]. Одним из качественных и количественных критериев, характеризующих состояние здоровья работающего населения, является показатель профессиональной заболеваемости [2]. Проведенный анализ состояния здоровья работающего населения указывает на неблагополучие в этой сфере, что вызывает особую тревогу [3]. Существенную роль в создавшейся ситуации играют неблагоприятные условия труда на рабочих местах, не отвечающие гигиеническим требованиям, что прямо или косвенно определяет от 20 до 40 % трудопотерь [4]. Нетрудоспособность, связанная с производственными травмами, в расчете на одного пострадавшего составляет около 50 дней, и вместе с тем сложившаяся в стране демографическая ситуация указывает на прогрессирующее сокращение трудовых ресурсов [4]. Необходимо отметить, что смертность трудоспособного населения России превышает аналогичные показатели по Евросоюзу в 4,5 раза [1, 3]. Сложилась крайне негативная ситуация: разрыв в продолжительности жизни между мужчинами и женщинами трудоспособного возраста составил 11 лет [3].

В настоящее время на большинстве предприятий ситуация с условиями труда характеризуется как неблагоприятная, а нередко и критическая [1]. Для решения этих задач необходимо провести модернизацию технологических процессов с целью снижения доли рабочих мест, имеющих вредные и (или) опасные условия труда, разработать план действий по снижению профессионального риска, включая информирование работников о профессиональных рисках [1]. Поэтому в последние годы государственная политика, претерпевшая серьезные изменения, направлена на стимулирование работодателей к разработке мероприятий и созданию безопасных и комфортных условий труда [2]. Государственное регулирование концентрируется на наиболее острых социальных проблемах, в том числе на выделении факторов трудового процесса, способствующих формированию профессиональных патологий [5, 6], выявлении групп риска по результатам проведенных медицинских осмотров [2, 7] и ориентируется на приоритетные национальные программы [4].

**Цель исследования** заключалась в изучении условий труда и профессиональной патологии работников, занятых в различных отраслях экономики Республики Башкортостан, за период 2000–2019 гг.

**Материалы и методы.** Проведен анализ условий труда по видам экономической деятельности и профессиональной заболеваемости на основа-

нии статистических данных Башкортостанстата о численности и структуре работающего населения, распределении их в экономике по видам экономической деятельности и условий труда в организациях различных видов экономической деятельности<sup>1,2,3,4</sup> и республиканского регистра профессиональных заболеваний (ведется Управлением Роспотребнадзора по Республике Башкортостан). Изучен спектр вредных производственных факторов в основных отраслях экономики, причины и обстоятельства развития профессиональных заболеваний, их структура и распространенность. Статистическая обработка и сравнительный анализ полученных данных проводились с использованием пакета прикладных программ Microsoft Excel. При анализе современных трендов заболеваемости и условий труда применен линейный регрессионный анализ с определением коэффициента детерминации рассматриваемых моделей. Использовались методы вариационной статистики с расчетом средних значений: среднее арифметическое и стандартная ошибка среднего арифметического ( $M \pm m$ ). Определялись t-критерий Стьюдента для независимых выборок, относительный риск (ОР) и 95%-й доверительный интервал (ДИ). Различия показателей считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

**Результаты исследования.** По данным официальной статистики<sup>5</sup>, за период с 2000 по 2019 г. динамика интенсивных показателей регистрируемой профессиональной заболеваемости работников в Российской Федерации [3] характеризуется неуклонной тенденцией к снижению ( $y = -0,0017x^2 - 0,0065x + 2,0084$ ;  $R^2 = 0,62$ ), линия тренда представлена на графике (рис. 1). Наиболее высокий показатель профессиональной заболеваемости в Российской Федерации зарегистрирован в 2001 году – 2,24 на 10 тыс. работающего населения, в Республике Башкортостан – в 2010 году (1,74 на 10 тыс. работников). Проведенный анализ впервые диагностированных профессиональных патологий показал, что уровень профессиональной заболеваемости в Республике Башкортостан увеличился в 2,02 раза – с 0,86 на 10 тыс. работающих в 2000 году до 1,74 на 10 тыс. работников в 2010 году (рис. 1). В следующий десятилетний период происходило снижение уровня профессиональной заболеваемости до 0,42 на 10 тыс. работников в 2019 году ( $y = -0,0084x^2 + 0,1587x + 0,6316$ ;  $R^2 = 0,66$ ). Средний многолетний показатель профессиональной заболеваемости в Республике Башкортостан составил 1,09 на 10 тыс. работников организаций (в Российской Федерации – 1,70 на 10 тыс. работающих).

За период наблюдения с 2000 по 2019 г. у работающего населения в Республике Башкортостан диагностирован 2561 случай профессиональной патологии, средний возраст работников составил  $50,32 \pm 0,14$  лет и трудовой стаж –  $21,29 \pm 0,20$  лет. Из них 1583 мужчины ( $61,81 \pm 0,96$  %), чей

<sup>1</sup> Статистический ежегодник Республики Башкортостан: статистический сборник. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Башкортостан. Ч. I. Уфа, 2006. 204 с.

<sup>2</sup> Рынок труда в Республике Башкортостан: статистический сборник. Уфа: Башкортостанстат, 2011. 117 с.

<sup>3</sup> Труд и занятость в Республике Башкортостан: Статистический сборник. Уфа: Башкортостанстат, 2015. 108 с.

<sup>4</sup> Труд и занятость в Республике Башкортостан: Статистический сборник. Уфа: Башкортостанстат, 2020. 123 с.

<sup>5</sup> «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия в Российской Федерации в 2019 году»: Государственный доклад. М., 2020. С. 137.

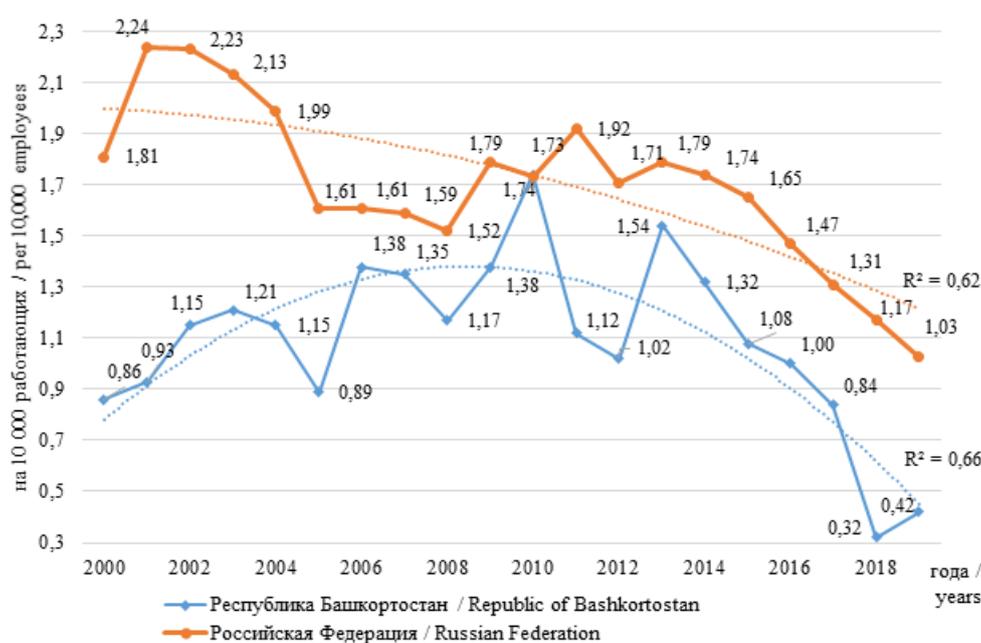


Рис. 1. Динамика профессиональной заболеваемости в Российской Федерации и Республике Башкортостан за период с 2000 по 2019 г. (на 10 тыс. работающих)

Fig. 1. Occupational disease rates in the Russian Federation and the Republic of Bashkortostan, 2000–2019 (per 10 thousand employees)

средний возраст был равен  $51,84 \pm 0,18$  лет и трудовой стаж  $22,38 \pm 0,25$  лет. Доля женщин составила  $38,19 \pm 0,96$  %, средний возраст  $47,86 \pm 0,23$  лет, трудовой стаж  $19,53 \pm 0,31$  лет. Максимально высокий риск развития патологии отмечался у мужчин в возрасте старше 60 лет ( $OR = 3,75$ ; ДИ  $2,45-5,72$ ;  $p < 0,0001$ ) при стаже работы более 30 лет ( $OR = 1,35$ ; ДИ  $1,13-1,61$ ;  $p < 0,05$ ).

Более трети случаев профессиональных патологий относилось к классу болезней костно-мышечной системы и каждый пятый случай – к болезням органов дыхания (табл. 1). Более половины случаев заболеваний костно-мышечной системы составляют радикулопатии ( $57,43 \pm 1,65$  %). В системе болезней органов дыхания лидирующие позиции отводятся таким заболеваниям, как хронический бронхит ( $47,12 \pm 2,19$  %) и бронхиальная астма ( $32,31 \pm 2,05$  %). В группе заболеваний «травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин» основная часть приходилась на последствия воздействия вибрационного фактора ( $83,09 \pm 1,86$  %).

В структуре нозологических форм профессиональных патологий каждый пятый случай приходился на радикулопатию, седьмой – на вибрационную болезнь, каждый десятый – на полинейропатию и хронический бронхит, реже встречались другие нозологии (табл. 1). Профессиональная патология диагностировалась при медицинском осмотре у 1323 ( $51,66 \pm 0,99$  %) работников, среди них 878 мужчин ( $66,36 \pm 1,30$  %) и 445 женщины ( $33,64 \pm 1,30$  %). Женщины чаще самостоятельно обращались за медицинской помощью в связи с ухудшением состояния здоровья – 533 случая ( $54,50 \pm 1,59$  %).

Вредные условия труда оказывали влияние на работников преимущественно вследствие несовершенства технологических процессов, оборудования ( $43,19 \pm 0,98$  %) и конструктив-

ных недостатков машин, механизмов, оборудования, приспособлений и инструментов ( $24,72 \pm 0,85$  %). Чаще всего профессиональные патологии возникали у лиц, имеющих 3 класс вредности труда 1 степени, реже – 2 и 3 степени. В единичных случаях у работников развитие профессиональных заболеваний происходило при оптимальных условиях труда. Максимальный риск возникновения профессиональной патологии отмечается у мужчин при контакте с виброакустическим фактором ( $OR = 5,47$ ; ДИ  $4,22-7,09$ ), общей вибрацией ( $OR = 39,88$ ; ДИ  $14,92-106,61$ ) и шумовым фактором ( $OR = 22,44$ ; ДИ  $9,27-54,32$ ).

Аналитические данные Республики Башкортостан по условиям труда исходя из информации о рынке труда показали увеличение удельного веса численности работающих во вредных и (или) опасных условиях почти в 2 раза – с  $17,1 \pm 0,06$  % в 2000 году до  $32,6 \pm 0,08$  % в 2019 году (рис. 2). С 2014 года в динамике доля лиц, работающих в неблагоприятных условиях во всех отраслях экономики, увеличилась и составила более 30 % ( $y = -0,0159x^2 + 1,2888x + 13,9861$ ;  $R^2 = 0,97$ ). Удельный вес лиц, работающих в различных отраслях экономики республики в условиях, не соответствующих установленным требованиям, за период наблюдения составил  $25,24 \pm 1,29$  %, чаще всего при добыче полезных ископаемых ( $y = 1,2485x + 19,4658$ ;  $R^2 = 0,80$ ) и в обрабатывающей промышленности ( $y = 1,3775x + 17,6811$ ;  $R^2 = 0,96$ ): удельный вес этих лиц, занятых на вредных работах, составил  $32,58 \pm 1,84$  % и  $32,15 \pm 1,86$  % соответственно (табл. 2). Необходимо отметить, что в 2014 г. в области строительства отмечался резкий скачок в сторону роста удельного веса численности работников, занятых на работах с неудовлетворительными условиями труда ( $y = 0,0910x^2 - 0,5967x + 11,6694$ ;  $R^2 = 0,88$ ). За анализируемый период увеличилась

Таблица 1. Характеристика профессиональной патологии в Республике Башкортостан за период с 2000 по 2019 г. (%)  
Table 1. Characteristics of occupational morbidity in the Republic of Bashkortostan, 2000–2019 (%)

№	Показатель / Indicator	Количество / Absolute number	% (n = 2561)
1	2	3	4
Классификация болезней / Diseases categories			
1	Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани / Diseases of the musculoskeletal system and connective tissue	902	35,22 ± 0,94
2	Болезни органов дыхания / Diseases of the respiratory system	520	20,30 ± 0,79
3	Травмы, отравления, последствия воздействия внешних причин / Injury, poisoning and certain other consequences of external causes	408	15,93 ± 0,72
4	Болезни нервной системы / Diseases of the nervous system	251	9,80 ± 0,59
5	Болезни уха и сосцевидного отростка / Diseases of the ear and mastoid process	205	8,00 ± 0,54
6	Болезни кожи и подкожной клетчатки / Diseases of the skin and subcutaneous tissue	158	6,17 ± 0,48
7	Некоторые инфекционные и паразитарные болезни / Some infectious and parasitic diseases	96	3,75 ± 0,38
8	Прочие / Other	21	0,83 ± 0,18
Распространенные нозологические формы / Common nosological forms			
1	Радикулопатия / Radiculopathy	518	20,23 ± 0,79
2	Вибрационная болезнь / Vibration disease	339	13,24 ± 0,67
3	Полинейропатия / Polyneuropathy	246	9,61 ± 0,58
4	Хронический бронхит / Chronic bronchitis	245	9,57 ± 0,58
5	Нейросенсорная тугоухость / Sensorineural hearing loss	202	7,89 ± 0,53
6	Бронхиальная астма / Bronchial asthma	168	6,56 ± 0,49

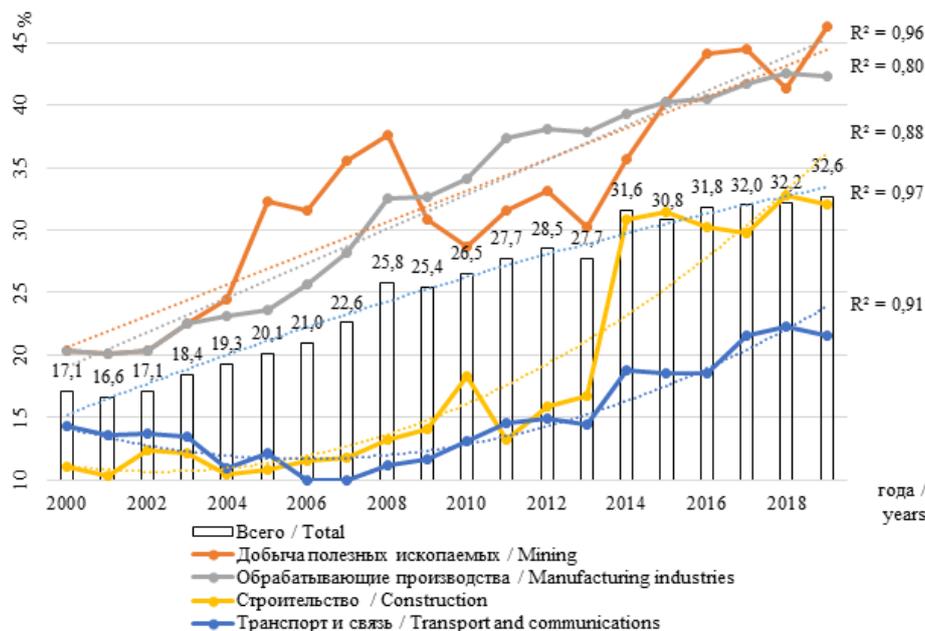


Рис. 2. Удельный вес численности работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда в Республике Башкортостан за период с 2000 по 2019 г. (%)

Fig. 2. The proportion of workers exposed to occupational risk factors and/or hazards in the Republic of Bashkortostan, 2000–2019 (%)

доля работников с вредными условиями труда в отраслях транспорта и связи (с 2017 года учет вида экономической деятельности ведется как «транспортировка и хранение») ( $y = 0,0712x^2 - 0,9855x + 15,1015$ ;  $R^2 = 0,91$ ). Удельный вес лиц, работающих в условиях, не соответствующих установленным требованиям, за период наблюдения в строительстве составил  $18,47 \pm 1,97\%$ , на транспорте и связи —  $14,98 \pm 0,87\%$  и в сельском хозяйстве —  $17,42 \pm 1,17\%$  (табл. 2).

Работники, занятые на добыче полезных ископаемых и обрабатывающем производстве, имели повышенные уровни шумового влияния на рабочих местах  $19,38 \pm 1,29\%$  и  $17,76 \pm 1,49\%$  соответственно. Этот фактор

занимал первое ранговое место в указанных отраслях, на втором и третьем местах у работников обрабатывающих производств наблюдали тяжесть трудового процесса ( $14,65 \pm 1,67\%$ ) и влияние химических факторов ( $7,25 \pm 0,61\%$ ), а у работников, занятых на добыче полезных ископаемых, — химические факторы ( $9,49 \pm 0,63\%$ ) и тяжесть трудового процесса ( $8,54 \pm 0,98\%$ ). На добыче полезных ископаемых около 5% работников имели неблагоприятные условия труда в контакте с вибрацией ( $4,75 \pm 0,51\%$ ) и фиброгенными аэрозолями ( $4,47 \pm 0,31\%$ ), на обрабатывающем производстве — с фиброгенными аэрозолями ( $4,54 \pm 0,21\%$ ). В строительстве неудовлетворительные параметры

Таблица 2. Удельный вес работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда в Республике Башкортостан за период с 2000 по 2019 г. (среднее значение, %)

Table 2. The proportion of employees exposed to occupational risk factors and/or hazards in the Republic of Bashkortostan, 2000–2019 (average value, %)

Производственный фактор / Occupational factor	Вид экономической деятельности / Type of economic activity					Всего / Total
	Сельское, лесное хозяйство / Agriculture, forestry	Добыча полезных ископаемых / Mining	Обрабатывающие производства / Processing industries	Строительство / Construction	Транспорт и связь / Transport and communications	
Шум, ультра- и инфразвук / Noise, ultra- and infrasound	4,44 ± 0,78	19,38 ± 1,29	17,76 ± 1,49	6,51 ± 0,70	6,19 ± 0,46	13,05 ± 0,91
Вибрация / Vibration	0,58 ± 0,10	4,75 ± 0,51	1,87 ± 0,16	1,07 ± 0,13	1,38 ± 0,10	1,74 ± 0,12
Химические факторы / Chemical factors	2,88 ± 0,42	7,25 ± 0,61	9,49 ± 0,63	5,82 ± 0,34	2,20 ± 0,09	6,66 ± 0,31
Фиброгенные аэрозоли / Fibrogenic aerosols	0,6 ± 0,03	4,47 ± 0,31	4,54 ± 0,21	3,59 ± 0,31	0,48 ± 0,06	3,21 ± 0,11
Тяжесть трудового процесса / Physical work heaviness	8,34 ± 1,34	14,65 ± 1,67	8,54 ± 0,98	11,51 ± 0,84	6,05 ± 0,25	8,51 ± 0,75
Напряженность трудового процесса / Work intensity	0,46 ± 0,25	2,34 ± 0,25	2,18 ± 0,29	2,08 ± 0,33	8,18 ± 0,76	3,22 ± 0,33
Микроклимат / Microclimate	2,62 ± 0,31	4,08 ± 0,37	4,43 ± 0,37	1,33 ± 0,17	0,52 ± 0,13	3,07 ± 0,22
Световая среда / Illumination	0,58 ± 0,21	2,34 ± 0,19	2,88 ± 0,28	1,13 ± 0,21	0,13 ± 0,02	1,62 ± 0,17
Неионизирующее излучение / Non-ionizing radiation	0,28 ± 0,08	0,37 ± 0,08	0,98 ± 0,15	0,60 ± 0,17	0,36 ± 0,18	0,64 ± 0,09
Ионизирующее излучение / Ionizing radiation	0,03 ± 0,02	0,02 ± 0,01	0,05 ± 0,01	0,31 ± 0,06	0,06 ± 0,01	0,09 ± 0,01
Биологические факторы / Biological factors	0,56 ± 0,14	0,12 ± 0,12	0,45 ± 0,06	0,08 ± 0,03	0,13 ± 0,03	0,37 ± 0,06
Занятые на вредных работах / Exposed to occupational hazards	17,42 ± 1,17	32,58 ± 1,84	32,15 ± 1,86	18,47 ± 1,97	14,98 ± 0,87	25,24 ± 1,29

производственных факторов на рабочих местах по частоте встречаемости распределились следующим образом: на первом месте – тяжесть трудового процесса (11,51 ± 0,84 %), на втором – шумовой фактор (6,51 ± 0,70 %), на третьем – химические факторы (5,82 ± 0,34 %). Аналогичная ситуация отмечалась на рабочих местах в организациях сельского хозяйства: на первом месте – тяжесть трудового процесса (8,34 ± 1,34 %), на втором – шумовой фактор (4,44 ± 0,78 %), на третьем – химические факторы (2,88 ± 0,42 %). Сотрудники транспортной инфраструктуры и работники, занятые в отрасли связи подвергались неблагоприятному воздействию следующих производственных факторов: на первом ранговом месте – напряженность трудового процесса (8,18 ± 0,76 %), на втором – шумовой фактор (6,19 ± 0,46 %) и на третьем – тяжесть трудового процесса (6,05 ± 0,25 %).

За период наблюдения (с 2000 по 2019 г.) наметилась тенденция увеличения доли лиц ( $y = 0,68x + 5,95$ ;  $R^2 = 0,96$ ), работающих во вредных и (или) опасных условиях труда под влиянием шума (рис. 3). В 2019 году удельный вес работников, занятых на вредных условиях труда под влиянием шумового фактора, составил около 3 % в обрабатывающем производстве и при добыче полезных ископаемых (рис. 3), в 2 раза реже – в строительстве и в 3 раза реже – при транспортировке и хранении (до 2017 года – в сферах транспорта и связи). За период наблюдения с 2000 по 2019 г. отмечено увеличение доли работников, имеющих вредные условия труда, в следующих отраслях экономики: обрабатывающей промышленности – с 9,0 % до 29,1 % ( $y = 0,0241x^2 + 0,5975x + 8,0237$ ;

$R^2 = 0,97$ ); при добыче полезных ископаемых – с 9,0 % до 28,6 % ( $y = 8,2651x^{0,3785}$ ;  $R^2 = 0,79$ ); в строительстве – с 3,7 % до 12,2 % ( $y = 2,6563e^{0,0752x}$ ;  $R^2 = 0,89$ ), в сферах транспорта и связи – с 5,3 % до 8,3 % ( $y = 4,0955e^{0,0343x}$ ;  $R^2 = 0,37$ ).

При оценке вибрационного фактора на рабочих местах за период с 2000 по 2019 г. отмечена тенденция увеличения доли работников ( $y = -0,0032x^2 + 0,1376x + 0,7598$ ;  $R^2 = 0,67$ ), имеющих неблагоприятные условия труда, в различных отраслях экономики (рис. 4). Значительный рост доли работников, подверженных влиянию вибрационного фактора, выявлен в сфере добычи полезных ископаемых – с 1,5 % до 7,0 % ( $y = 1,1837x^{0,5813}$ ;  $R^2 = 0,54$ ) и в строительстве – с 0,8 % до 2,3 % ( $y = 0,0104x^2 - 0,1636x + 1,2968$ ;  $R^2 = 0,65$ ). Незначительный рост этого показателя можно наблюдать на рабочих местах в обрабатывающем производстве в 2000 году – 1,5 % и в 2019 году – 2,4 % ( $y = -0,0013x^2 + 0,1157x + 0,8363$ ;  $R^2 = 0,53$ ), в сферах транспорта и связи – с 1,4 % до 1,7 % ( $y = 0,0051x^2 - 0,084x + 1,5304$ ;  $R^2 = 0,19$ ). В 2019 году удельный вес лиц, занятых на работах под влиянием общей и локальной вибрации на рабочих местах, был практически в 3 раза выше при добыче полезных ископаемых, нежели в обрабатывающем производстве и строительстве.

Удельный вес работников, занятых на вредных и (или) опасных работах под воздействием фиброгенных аэрозолей, на предприятиях различных отраслей экономики за период с 2000 по 2019 г. остался практически неизменным ( $y = -0,0104x^2 + 0,2345x + 2,2402$ ;  $R^2 = 0,46$ ). В динамике с 2000 года идет ежегодный рост доли работников, занятых на вредных и

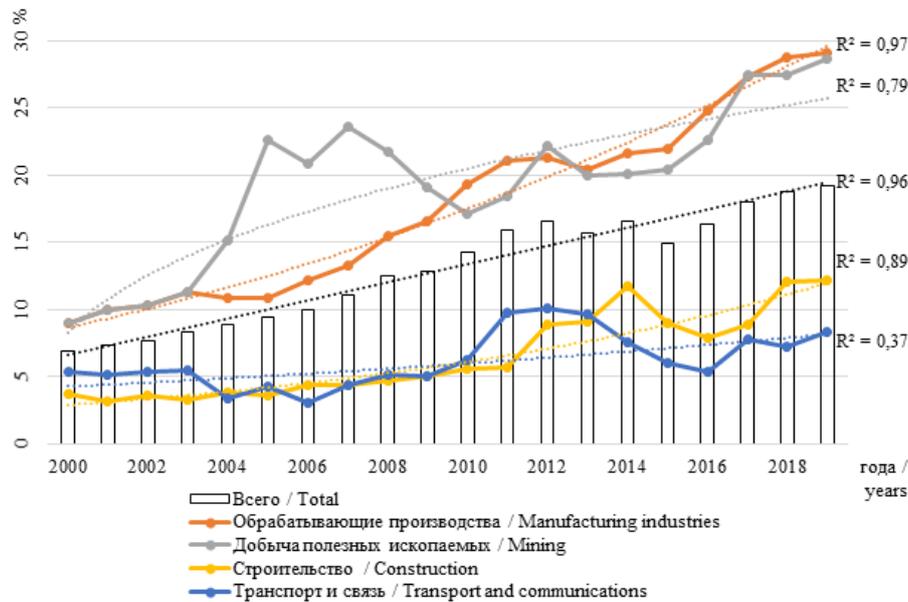


Рис. 3. Удельный вес численности работников, занятых на работах под воздействием шума, ультра- и инфразвука в Республике Башкортостан за период с 2000 по 2019 г. (%)  
 Fig. 3. The proportion of employees exposed to noise, ultra- and infrasound in the workplace in the Republic of Bashkortostan, 2000–2019 (%)

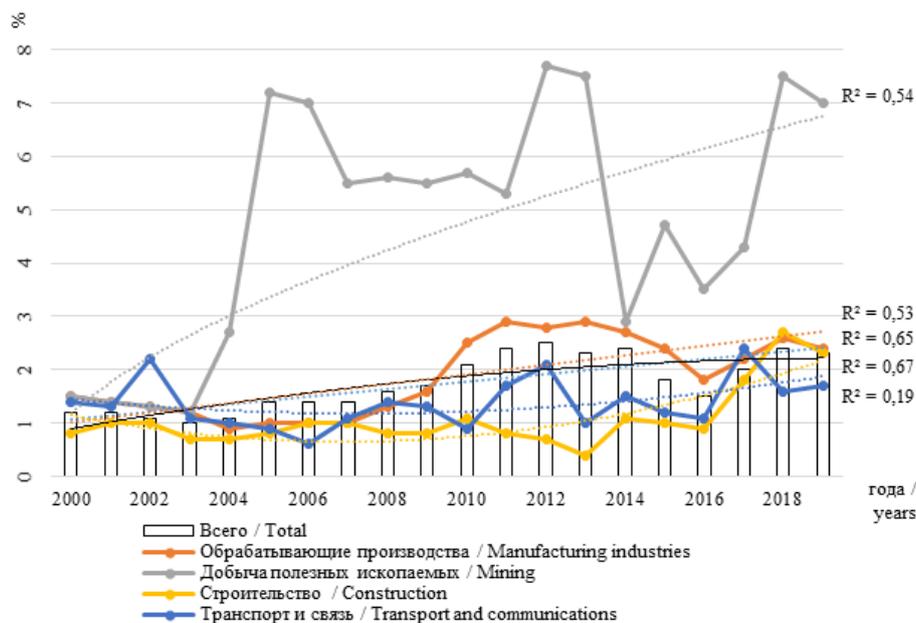


Рис. 4. Удельный вес численности работников, занятых на работах под воздействием общей и локальной вибрации в Республике Башкортостан за период с 2000 по 2019 г. (%)  
 Fig. 4. The proportion of employees exposed to vibration hazards in the workplace in the Republic of Bashkortostan, 2000–2019 (%)

(или) опасных работах, при добыче полезных ископаемых ( $y = 0,0175x^2 - 0,1748x + 3,7871$ ;  $R^2 = 0,82$ ) и в строительстве ( $y = 0,0130x^2 - 0,0778x + 2,5384$ ;  $R^2 = 0,77$ ), под воздействием повышенной запыленности рабочей зоны (рис. 5). В обрабатывающем производстве произошел незначительный рост доли работников, занятых на работах под воздействием повышенных концентраций фиброгенных аэрозолей, в период с 2009 по 2013 г. ( $y = 0,0228x^2 + 0,5091x + 2,4718$ ;  $R^2 = 0,57$ ). На рабочих местах в отраслях транспорта и связи отмечается регрессивная тенденция к снижению этой доли ( $y = 0,9565e^{-0,0864x}$ ;  $R^2 = 0,50$ ).

Доля работников, занятых в различных отраслях экономики под воздействием химических

факторов и имеющих контакт с повышенным содержанием химических веществ в воздухе рабочей зоны, представлена на рис. 6. За период с 2000 по 2019 г. в Республике Башкортостан произошел рост удельного веса работников, занятых на вредных работах под воздействием химических факторов, с 4,5 % в 2000 году до 8,5 % в 2019 году ( $y = -0,0048x^2 - 0,3275x + 3,9050$ ;  $R^2 = 0,95$ ). За период с 2000 по 2019 г. более чем в 2 раза увеличилась доля лиц, занятых на вредных работах при добыче ресурсов ( $y = 0,041x^2 - 0,5422x + 7,0649$ ;  $R^2 = 0,69$ ) и в обрабатывающем производстве ( $y = -0,0077x^2 + 0,625x + 4,0375$ ;  $R^2 = 0,94$ ). Незначительный рост удельного веса работников с вредными условиями труда наблюдался в строительной

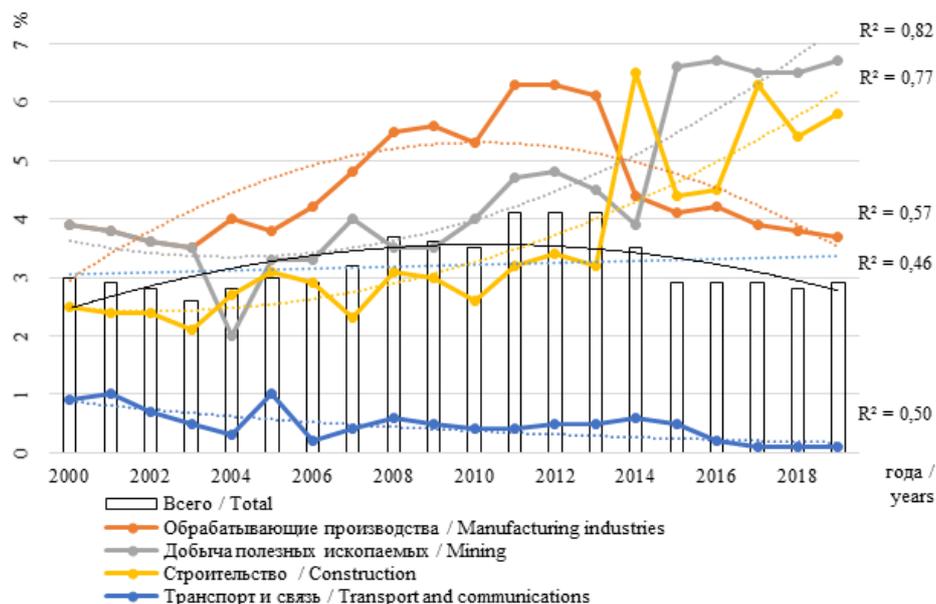


Рис. 5. Удельный вес численности работников, занятых на работах под воздействием фиброгенных аэрозолей в Республике Башкортостан за период с 2000 по 2019 г. (%)

Fig. 5. The proportion of employees exposed to fibrogenic aerosols in the workplace in the Republic of Bashkortostan, 2000–2019 (%)

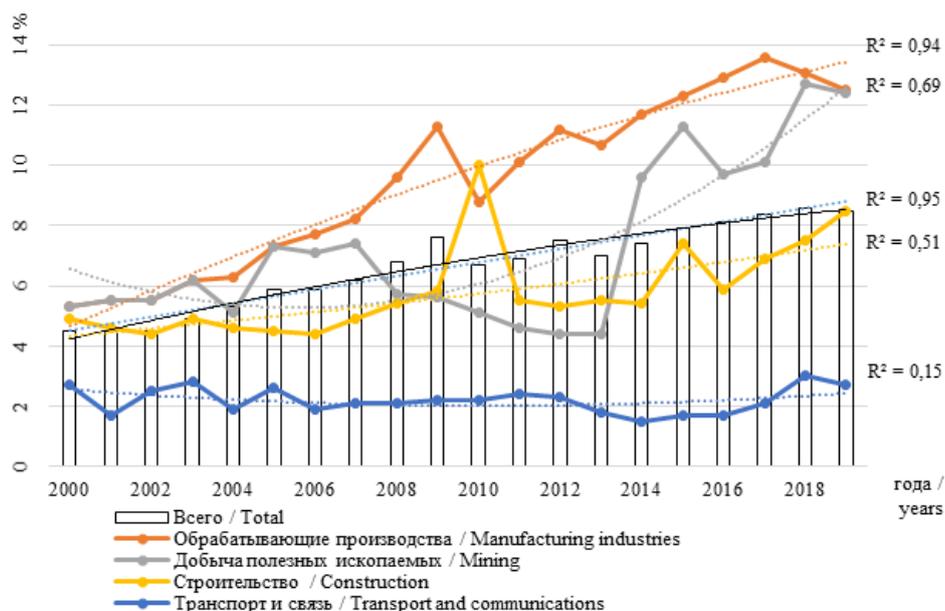


Рис. 6. Удельный вес численности работников, занятых на работах под воздействием химических факторов в Республике Башкортостан за период с 2000 по 2019 г. (%)

Fig. 6. The proportion of employees exposed to chemical hazards in the workplace in the Republic of Bashkortostan, 2000–2019 (%)

отрасли ( $y = 4,2125e^{0,0281x}$ ;  $R^2 = 0,51$ ), и практически неизменным этот показатель остался на рабочих местах в отраслях транспорта и связи ( $y = 0,0052x^2 - 0,117x + 2,6708$ ;  $R^2 = 0,15$ ).

За период с 2000 по 2019 г. произошел рост удельного веса работников, занятых на тяжелых работах, с 3,6 % в 2000 году до 14,7 % в 2019 году ( $y = 0,5491x + 2,7395$ ;  $R^2 = 0,94$ ). Гигиеническая оценка условий трудового процесса по показателю тяжести (рис. 7) показала, что в 2019 году каждый четвертый работник, занятый на тяжелых работах, трудился на добыче полезных ископаемых ( $y = 2,1484x^{0,8166}$ ;  $R^2 = 0,86$ ), шестой – в строительстве ( $y = 6,1116e^{0,0551x}$ ;  $R^2 = 0,91$ ) и обрабатывающем производстве ( $y = 2,9372e^{0,0891x}$ ;  $R^2 = 0,95$ ) и двенадцатый – на

транспортировке и хранении ( $y = 0,0186x^2 - 0,2818x + 6,3393$ ;  $R^2 = 0,60$ ).

**Обсуждение результатов.** Выполненное исследование показало, что, как и 20 лет назад, большинство работников в различных отраслях имеют крайне неблагоприятные условия труда, при этом ведущими вредными производственными факторами остаются виброакустический и тяжесть трудового процесса. В число наиболее распространенных вошли также химические факторы и аэрозоли фиброгенного действия.

Проведенная оценка условий труда в Республике Башкортостан показала увеличение доли работников, занятых во вредных и (или) опасных условиях труда (с  $17,1 \pm 0,06$  % в 2000 году до  $32,6 \pm 0,08$  % в 2019 году). В условиях,

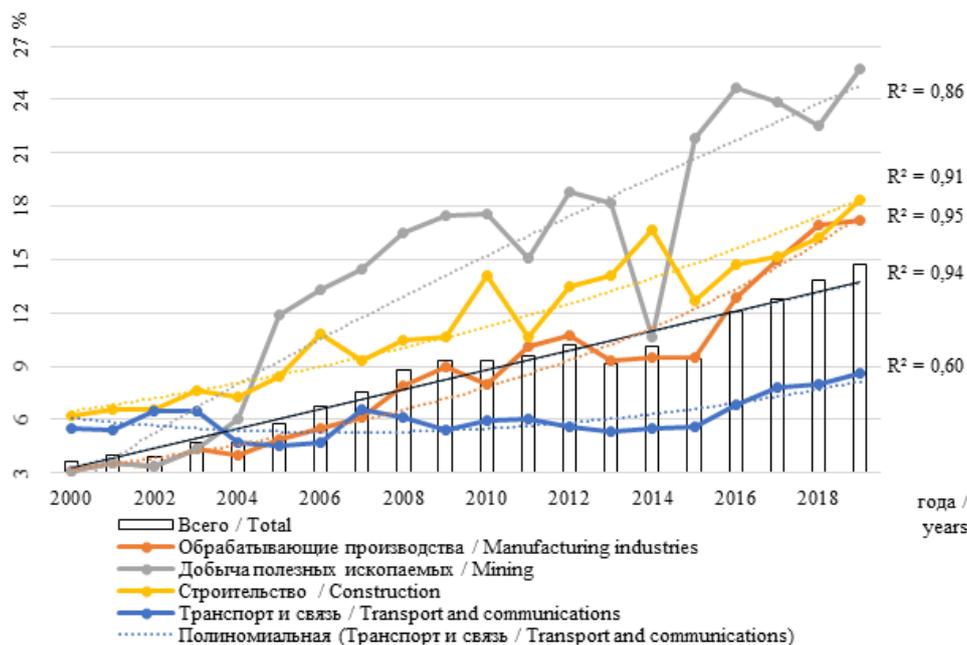


Рис. 7. Удельный вес численности работников, занятых на тяжелых работах в Республике Башкортостан за период с 2000 по 2019 г. (%)

Fig. 7. The proportion of employees exposed to physical work heaviness in the Republic of Bashkortostan, 2000–2019 (%)

не отвечающих санитарно-гигиеническим требованиям, работает до 39,7 % трудоспособного населения страны. Основными обстоятельствами и условиями возникновения профессиональных заболеваний по-прежнему являются несовершенство технологических процессов, оборудования и конструктивные недостатки машин, механизмов, оборудования, приспособлений и инструментов [8].

Наибольшее число работников, которые трудятся в условиях, не отвечающих санитарно-гигиеническим нормам, в Республике Башкортостан отмечается в отрасли, осуществляющей добычу полезных ископаемых, и в обрабатывающей промышленности. В динамике с 2000 года при добыче полезных ископаемых и в строительстве наблюдается ежегодный рост доли лиц, занятых в работах под воздействием повышенной запыленности воздуха рабочей зоны. Это может явиться причиной формирования профессиональных патологий и сокращения периода трудоспособности [9]. Для нефтехимических и нефтедобывающих производств ведущими вредными факторами являются химические вещества, шум [10–13].

Вредные факторы производственной среды могут не только быть причиной профессиональных патологий, но и влиять на сроки развития и прогрессирование общих заболеваний, не относящихся к профессиональным. Изменения величины профессионального риска, проводимые на базе эволюционных моделей у работающих с течением времени [14], позволяют спрогнозировать отдаленные последствия, связанные с воздействием производственных факторов [15]. Максимальный риск развития профессиональной патологии отмечался у мужчин при экспозиции к общей вибрации ( $OR = 39,88$ ; ДИ 14,92–106,61), который превышал риск, возникающий при воздействии шумового фактора ( $OR = 22,44$ ; ДИ 9,27–54,32). Под влиянием производственной вибрации снижается работо-

способность и трудоспособность человека, что в последующем требует длительного лечения и восстановления [16–17].

Производственный шум занимает одно из ведущих мест в структуре вредных производственных факторов на рабочих местах в большинстве отраслей экономики, и вместе с тем шум оказывает на организм как специфическое, так и неспецифическое действие – негативно влияет на состояние вегетативной нервной системы, зрительного и вестибулярного аппарата [18]. Статистические данные по странам Европы свидетельствуют: в Финляндии в 2012 году потеря слуха от шума составляла 12 % в структуре профессиональных заболеваний [19], во Франции регистрируется около 800 новых случаев потери слуха ежегодно [20–21].

В Республике Башкортостан более трети профессиональных патологий относилось к классу болезней костно-мышечной системы [22–23] и каждый пятый случай – к болезням органов дыхания. Более половины случаев среди заболеваний костно-мышечной системы занимают радикулопатии ( $57,43 \pm 1,65$  %). В системе болезней органов дыхания лидирующие позиции отводятся таким заболеваниям, как хронический бронхит ( $47,12 \pm 2,19$  %) и бронхиальная астма ( $32,31 \pm 2,05$  %). Среди травм основная часть приходилась на последствия воздействия вибрационного фактора ( $83,09 \pm 1,86$  %). В структуре нозологических форм профессиональных заболеваний и отравлений каждый пятый случай приходился на радикулопатию, седьмой – на вибрационную болезнь, каждый десятый – на полинейропатию и хронический бронхит, реже встречались другие нозологии.

Большинство случаев профессиональных патологий, выявленных при обращении работников за медицинской помощью, – это хронические формы профессиональных заболеваний, которые, как правило, установлены

работникам со стажем работы с вредным производственным фактором более 15 лет (до 80 %) и возрастом старше 40 лет (до 90 %). Необходимо отметить, что уровень регистрируемой профессиональной заболеваемости по отраслям экономики не является истинным [1, 24]. По-прежнему существует проблема слабого выполнения работодателем положений нормативных правовых актов по порядку проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров [1, 8].

Следует отметить, что в сложившейся экономической ситуации наблюдается незаинтересованность работодателя в раннем выявлении профессиональных заболеваний с целью уменьшения страховых выплат. Также немаловажное значение при выборе учреждения для медицинского осмотра имеет и финансово-экономическая мотивация работодателя, когда в приоритете оказывается стоимость услуг. Нередко наблюдается сокрытие потенциальных случаев профессиональных патологий как со стороны работодателя, так и самого работника [1]. В настоящее время наблюдается усиление тенденции сокрытия имеющихся рисков развития профессиональной и производственно-обусловленной заболеваемости, а также допуска работников к профессиональной деятельности без учета медицинских заключений [25].

Одной из важных мер по сохранению здоровья работников являются медицинские осмотры. Основная их цель — выявление лиц с профессиональными заболеваниями или подозрением на профессиональную патологию, при которых выполнение работ при дальнейшем контакте с профессиональной вредностью может ухудшить их течение. Немаловажную роль играет оценка условий труда и разработка санитарно-гигиенических мероприятий, направленных на ликвидацию причин, вызывающих профессиональную патологию [2]. Выполнение трудовых обязанностей в комфортных условиях позволяет снизить производственную нагрузку и развитие утомления, в том числе и стресса на работе [26–28].

#### Заключение

За анализируемый период в Республике Башкортостан прослеживается стойкая тенденция снижения уровня регистрируемой профессиональной заболеваемости, при этом увеличилась доля работников, имеющих условия труда, не отвечающие санитарно-гигиеническим требованиям. Уровень зарегистрированной хронической профессиональной патологии не отражает реальной ситуации, связанной с состоянием условий труда в отраслях экономики. В целом результаты исследований согласуются с материалами научной литературы.

Отсутствие комплексных мер, направленных на разработку медико-профилактических программ по улучшению условий труда и снижению риска развития профессиональной патологии, связанной с вредными условиями труда, может привести в скором будущем к неминуемой потере трудовых ресурсов не только в одном взятом субъекте Российской Федерации, но и в целом по стране, так как доля работников, занятых в неудовлетворительных условиях труда, продолжает неуклонно расти. Учитывая, что развитию

хронических профессиональных заболеваний подвержены лица трудоспособного возраста, особое внимание следует уделять внесению изменений в законодательство федерального и регионального уровней по формированию единого алгоритма медицинского обслуживания работников промышленных предприятий и осуществлению профилактического мониторинга за условиями труда работников, имеющих профессиональные вредности, на основе риск-ориентированного подхода, в том числе с применением цифровых технологий.

**Информация о вкладе авторов:** Хисамиев И.И. — сбор и обработка материала, анализ материала, написание статьи; Шарафутдинова Н.Х. — концепция и дизайн исследования, редактирование текста; Шарафутдинов М.А. — редактирование текста. Утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи — все авторы.

**Финансирование:** работа не имела спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Список литературы

(пп. 10–14, 16–17, 19–21, 26–28 см. References)

1. Попова А.Ю. Состояние условий труда и профессиональная заболеваемость в Российской Федерации // Медицина труда и экология человека. 2015. № 3. С. 7–13.
2. Кругликова Н.В. Пути совершенствования качества обязательных периодических медицинских осмотров работников, занятых на работах с вредными и опасными условиями труда // Здоровье населения и среда обитания. 2015. № 4 (265). С. 17–20.
3. Измеров Н.Ф. Современные проблемы медицины труда России // Медицина труда и экология человека. 2015. № 2. С. 5–12.
4. Бакиров А.Б. Проблемы сохранения здоровья трудоспособного населения в Республике Башкортостан. Медицина труда и экология человека 2015. № 1. С. 4–8.
5. Валеева Э.Т., Бакиров А.Б., Галимова Р.Р., Ахметшина В.Т. Условия труда и профессиональная заболеваемость в Республике Башкортостан // Медицина труда и экология человека. 2018. № 4 (16). С. 57–62.
6. Кондрова Н.С., Шайхлисламова Э.Р., Зулкарнаев Т.Р., Степанов Е.Г., Гильманов Ш.З., Сандакова И.В. и др. Современные особенности формирования заболеваемости и страхового обеспечения на примере Республики Башкортостан // Гигиена и санитария. 2016. Т. 95, № 6. С. 539–544.
7. Валеева Э.Т., Чурмантаева С.Х., Вагапова Д.М., Бакиров А.Б., Гирфанова Л.В. Анализ профессиональной заболеваемости работников агропромышленного комплекса Республики Башкортостан и меры ее профилактики // Здоровье населения и среда обитания. 2015. № 2 (263). С. 20–22.
8. Панков В.А., Лахман О.Л., Пережогин А.Н., Тюткина Г.А., Кулешова М.В., Смирнова О.В. Динамика профессиональной заболеваемости в Восточной Сибири // Гигиена и санитария. 2016. Т. 95. № 12. С. 1171–1175.
9. Копытенкова О.И., Турсунов З.Ш., Леванчук А.В., Мироненко О.В., Фролова Н.М., Сазонова А.М. Гигиеническая оценка условий труда в отдельных профессиях строительных организаций // Гигиена и санитария. 2018. Т. 97. № 12. С. 1203–1209.
15. Фокин В.А., Редько С.В. Использование моделей эволюции риска для определения уровней риска развития заболеваний при воздействии факторов производственной среды и трудового процесса // Здоровье населения и среда обитания. 2020. № 7(328). С. 20–23.
18. Меркулова Н.А. Гигиеническая оценка профессионального риска влияния шума на орган слуха работников мебельного производства // Здоровье населения и среда обитания. 2020. № 5 (326). С. 42–46.

22. Бакиров А.Б., Шайхлисламова Э.Р., Валеева Э.Т., Гимранова Г.Г., Галимова Р.Р., Бейгул Н.А. и др. Структура и динамика профессиональной заболеваемости в Республике Башкортостан // Медицина труда и промышленная экология. 2016. № 4. С. 40–44.
23. Шайхлисламова Э.Р., Бакиров А.Б., Валеева Э.Т., Гимранова Г.Г., Галимова Р.Р., Бейгул Н.А. Анализ динамики профессиональной заболеваемости костно-мышечной и нервной систем в Республике Башкортостан // Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe (East European Scientific Journal). 2016. № 7. Ч. 1. С. 130–135.
24. Попова А.Ю. Проблемы и тенденции профессиональной заболеваемости работников сельского хозяйства Российской Федерации // Здоровье населения и среда обитания. 2016. № 9 (282). С. 4–9.
25. Горский А.А., Почтарева Е.С., Пилищенко В.А., Куркин Д.М., Глушкова Н.Ю. О состоянии условий труда и профессиональной заболеваемости работников в Российской Федерации // Здоровье населения и среда обитания. 2014. № 2 (251). С. 8–11.
13. Hanifi SM, Laal F, Panjali Z, Khoubi J. Health risk assessment of exposure to harmful chemical agents in a refinery. *Arch Occup Health*. 2019;3(1):299–306. doi: 10.1850/aoh.v3i1.349
14. Heibati B, Pollitt KJG, Charati JY, et al. Biomonitoring-based exposure assessment of benzene, toluene, ethylbenzene and xylene among workers at petroleum distribution facilities. *Ecotoxicol Environ Saf*. 2018;149:19–25. doi: 10.1016/j.ecoenv.2017.10.070
15. Fokin VA, Redko SV. The use of risk evolution models in evaluation of risk levels for diseases developing under the influence of factors of occupational environment and work process. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2020;(7(328)):20–23. (In Russian). doi: 10.35627/2219-5238/2020-328-7-20-23
16. Shen SC, House RA. Hand – arm vibration syndrome: What family physicians should know. *Can Fam Physician*. 2017;63(3):206–10.
17. Handford M, Lepine K, Boccia K, et al. Hand – arm vibration syndrome: Workers' experience with functional impairment and disability. *J Hand Ther*. 2017;30(4):491–499. doi: 10.1016/j.jht.2016.10.010
18. Merkulova NA. Hygienic assessment of the occupational risk of noise effects on the organ of hearing in furniture makers. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2020;(5(326)):42–46. (In Russian). doi: 10.35627/2219-5238/2020-326-5-42-46
19. Lie A, Skogstad M, Johannessen HA, et al. Occupational noise exposure and hearing: a systematic review. *Int Arch Occup Environ Health*. 2016;89(3):351–72. doi: 10.1007/s00420-015-1083-5
20. Le TN, Straatman LV, Lea J, Westerberg B. Current insights in noise-induced hearing loss: a literature review of the underlying mechanism, pathophysiology, asymmetry, and management options. *J Otolaryngol Head Neck Surg*. 2017;46(1):41. doi: 10.1186/s40463-017-0219-x
21. Dobie RA. The burdens of age-related and occupational noise-induced hearing loss in the United States. *Ear Hear*. 2008;29(4):565–77. doi: 10.1097/AUD.0b013e31817349ec
22. Bakirov AB, Shaikhliislamova ER, Valeeva ET, et al. Structure and dynamics of occupational morbidity in Bashkortostan Republic. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2016;(4):40–44. (In Russian).
23. Shaikhliislamova ER, Bakirov AB, Valeeva ET, Gimranova GG, Galimova RR, Beigul NA. Analysis of dynamics of occupational morbidity of the muscular-skeletal and nervous systems in the Republic of Bashkortostan. *Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe (East European Scientific Journal)*. 2016;(7 Pt 1):130–135. (In Russian).
24. Popova AYU. Issues and trends in occupational morbidity of agricultural workers of the Russian Federation. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2016;(9(282)):4–9. (In Russian).
25. Gorsky AA, Pochtareva ES, Pilishenko VA, Kurkin DM, Glushkova NYu. On the labor conditions and occupational diseases workers in the Russian Federation. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2014;(2(251)):8–11. (In Russian).
26. Rump A, Schöffski O. Pregnancy care in Germany, France and Japan: an international comparison of quality and efficiency using structural equation modelling and data envelopment analysis. *Public Health*. 2018;160:129–142. doi: 10.1016/j.puhe.2018.03.028
27. Rogers B, Kono K, Marziale MHP, Peurala M, Radford J, Staun J. International survey of occupational health nurses' roles in multidisciplinary teamwork in occupational health services. *Workplace Health Saf*. 2014;62(7):274–81. doi: 10.1177/216507991406200702
28. Stacey N, Ellwood P, Bradbrook S, Reynolds J, Williams H. Key trends and drivers of change in information and communication technologies and work location. Foresight on new and emerging risks in OSH: working report. European Agency for Safety and Health at Work. Luxembourg: Publications Office of the European Union; 2017. doi: 10.2802/807562

## References

1. Popova AYU. Working conditions and occupational morbidity in the Russian Federation. *Meditsina Truda i Ekologiya Cheloveka*. 2015;(3):7–13. (In Russian).
2. Kruglikova NV. Ways of improvement of quality of obligatory periodic medical examinations of the workers occupied at works with harmful and dangerous working conditions. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2015;(4(265)):17–20. (In Russian).
3. Izmerov NF. Modern problems of occupational medicine in Russia. *Meditsina Truda i Ekologiya Cheloveka*. 2015;(2):5–12. (In Russian).
4. Bakirov AB. Health promotion of the Republic of Bashkortostan working population. *Meditsina Truda i Ekologiya Cheloveka*. 2015;(1):4–8. (In Russian).
5. Valeeva ET, Bakirov AB, Galimova RR, Akhmetshina VT. Working conditions and occupational morbidity in the Republic of Bashkortostan. *Meditsina Truda i Ekologiya Cheloveka*. 2018;(4(16)):57–62. (In Russian).
6. Kondrova NS, Shaykhliislamova ER, Zul'karnaev TR, et al. Modern features of the formation of occupational diseases and insurance coverage on the example of the Republic of Bashkortostan. *Gigiena i Sanitariya*. 2016;95(6):539–544. (In Russian). doi: 10.18821/0016-9900-2016-95-6-539-544
7. Valeeva ET, Churmantayeva SKh, Vagapova DM, Bakirov AB, Girfanova LV. Analysis of occupational morbidity among workers of agroindustrial complex of Republic of Bashkortostan and preventive measures for occupational morbidity. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2015;(2(263)):20–22. (In Russian).
8. Pankov VA, Lakhman OL, Perezhugin AN, Tyutkina GA, Kuleshova MV, Smirnova OV. The dynamics of the occupational morbidity rate in the Eastern Siberia. *Gigiena i Sanitariya*. 2016;95(12):1171–1175. (In Russian). doi: 10.18821/0016-9900-2016-95-12-1171-1175
9. Kopytenkova OI, Tursunov ZSh, Levanchuk AV, Mironenko OV, Frolova NM, Sazonova AM. The hygienic assessment of the working environment in individual occupations in building organizations. *Gigiena i Sanitariya*. 2018;97(12):1203–1209. (In Russian). doi: 10.18821/0016-9900-2018-97-12-1203-1209
10. Sun K, Azman AS, Camargo HE, Dempsey PG. Risk assessment of recordable occupational hearing loss in the mining industry. *Int J Audiol*. 2019;58(11):761–768. doi: 10.1080/14992027.2019.1622041
11. Noble TL, Parbhakar-Fox A, Berry RF, et al. Mineral dust emissions at metalliferous mine sites. In: Lottermoser B, editor. *Environmental Indicators in Metal Mining*. Cham, Switzerland: Springer Int Publ.; 2017:281–306.
12. Radtke C, Autenrieth DA, Lipsey T, Brazile WJ. Noise characterization of oil and gas operations. *J Occup Environ Hyg*. 2017;14(8):659–667. doi: 10.1080/15459624.2017.1316386

© Клинова С.В., Минигалиева И.А., Сутункова М.П., Привалова Л.И., Герцен О.П., Рябова Ю.В., Проценко Ю.Л., Балакин А.А., Лукин О.Н., Лисин Р.В., Набиев С.Р., Панов В.Г., Кацнельсон Л.Б., Никитина Л.В., Кацнельсон Б.А., 2021

УДК 615.9

## Влияние свинца и/или кадмия на сократительную функцию миокарда крыс при субхронической интоксикации и ее ослабление комплексом биопротекторов

С.В. Клинова<sup>1</sup>, И.А. Минигалиева<sup>1</sup>, М.П. Сутункова<sup>1</sup>, Л.И. Привалова<sup>1</sup>, О.П. Герцен<sup>2</sup>, Ю.В. Рябова<sup>1</sup>, Ю.Л. Проценко<sup>2</sup>, А.А. Балакин<sup>2</sup>, О.Н. Лукин<sup>2</sup>, Р.В. Лисин<sup>2</sup>, С.Р. Набиев<sup>2</sup>, В.Г. Панов<sup>1,4</sup>, Л.Б. Кацнельсон<sup>2,3</sup>, Л.В. Никитина<sup>2</sup>, Б.А. Кацнельсон<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФБУН «Екатеринбургский медицинский – научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора, ул. Попова, 30, г. Екатеринбург, 620014, Российская Федерация

<sup>2</sup>ФГБУН Институт иммунологии и физиологии Уральского отделения Российской академии наук, ул. Первомайская, д. 106, г. Екатеринбург, 620049, Российская Федерация

<sup>3</sup>ФГАОУ ВО Институт естественных наук и математики УрФУ Минобрнауки России, ул. Мира, д. 19, г. Екатеринбург, 620002, Российская Федерация

<sup>4</sup>ФГБУН Институт промышленной экологии Уральского отделения Российской академии наук, ул. Софьи Ковалевской, д. 20, г. Екатеринбург, 620990, Российская Федерация

**Резюме.** *Введение.* Свинец и кадмий загрязняют воздух рабочих помещений и территории вблизи металлургических заводов, являясь побочными продуктами медеплавильного производства. Повышенные их концентрации в организме человека увеличивают риск развития сердечно-сосудистых заболеваний. *Цель исследования* – оценка изменений сократительной функции миокарда крыс на фоне умеренно выраженной субхронической интоксикации растворимыми солями свинца и/или кадмия и ее ослабление интоксикации при применении комплекса биопротекторов. *Материалы и методы.* Субхроническую интоксикацию моделировали на крысах путем внутривенных инъекций 3-водного ацетата свинца и/или 2,5-водного хлорида кадмия в разовых дозах по металлу соответственно 6,01 мг и 0,377 мг на 1 кг массы тела 3 раза в неделю в течение 6 недель. Методом гель-электрофореза оценили соотношение изоформ тяжелых цепей миозинов. Биомеханические измерения проводили на изолированных многоклеточных препаратах миокарда (трабекулах и папиллярных мышцах) правого желудочка. *Результаты.* Субхроническая интоксикация свинцом приводила к замедлению цикла «сокращение – расслабление» и увеличению экспрессии миозинов в сторону медленно циклирующих изомиозинов V3, а при интоксикации кадмием, наоборот, обнаружено укорочение цикла «сокращение – расслабление» и сдвиг соотношения форм изомиозинов в сторону быстроциклирующих V1. При комбинированной свинцово-кадмиевой интоксикации одни контрактильные характеристики изменялись в направлении, характерном для воздействия свинца, другие – для воздействия кадмия, причем иногда комбинация металлов нивелировала изолированное влияние друг друга. Но были и показатели, где повреждающее действие было в комбинации усилено. Использование комплекса биопротекторов частично или полностью нормализовало изменения показателей сократимости миокарда при свинцово-кадмиевой интоксикации. *Выводы.* Несмотря на изменения сократимости миокарда на фоне субхронической интоксикации свинцом и/или кадмием, механизмы его гетерометрической регуляции сохраняются. Негативное кардиотоксическое влияние комбинации этих металлов может быть ослаблено применением комплекса биопротекторов.

**Ключевые слова:** кардиотоксичность, свинец, кадмий, сократимость миокарда, миозины, биопротекторы.

**Для цитирования:** Клинова С.В., Минигалиева И.А., Сутункова М.П., Привалова Л.И., Герцен О.П., Рябова Ю.В., Проценко Ю.Л., Балакин А.А., Лукин О.Н., Лисин Р.В., Набиев С.Р., Панов В.Г., Кацнельсон Л.Б., Никитина Л.В., Кацнельсон Б.А. Влияние свинца и/или кадмия на сократительную функцию миокарда крыс при субхронической интоксикации и ее ослабление комплексом биопротекторов // Здоровье населения и среда обитания. 2021. № 6 (339). С. 25–33. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-339-6-24-33>

**Информация об авторах:**

✉ **Клинова** Светлана Владиславовна – науч. сотр. отдела токсикологии и биофилактики ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора; e-mail: [klinova.svetlana@gmail.com](mailto:klinova.svetlana@gmail.com); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0927-4062>.

**Минигалиева** Ильзира Амировна – д-р биол. наук, зав. отделом токсикологии и биофилактики ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора; e-mail: [ilzira-minigalieva@yandex.ru](mailto:ilzira-minigalieva@yandex.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1871-8593>.

**Сутункова** Марина Петровна – д-р мед. наук, директор ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора; e-mail: [marinasutunkova@yandex.ru](mailto:marinasutunkova@yandex.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1743-7642>.

**Привалова** Лариса Ивановна – д-р мед. наук, профессор, гл. науч. сотр., зав. лабораторией научных основ биофилактики ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора; e-mail: [privaloval@yahoо.com](mailto:privaloval@yahoо.com); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1442-6737>.

**Герцен** Оксана Павловна – науч. сотр. лаборатории биологической подвижности ИИФ УрО РАН; e-mail: [o.p.gerzen@gmail.com](mailto:o.p.gerzen@gmail.com); ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3853-1571>.

**Рябова** Юлия Владимировна – мл. науч. сотр. лаборатории научных основ биофилактики ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора; e-mail: [ryabova@ymrc.ru](mailto:ryabova@ymrc.ru); ORCID: <https://orcid.org/00000-0003-2677-0479>.

**Проценко** Юрий Леонидович – д-р биол. наук, гл. науч. сотр. лаборатории биологической подвижности ИИФ УрО РАН; e-mail: [y.protsenko@iip.uran.ru](mailto:y.protsenko@iip.uran.ru); ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4693-244X>.

**Балакин** Александр Александрович – канд. биол. наук, ст. науч. сотр. лаборатории биологической подвижности ИИФ УрО РАН; e-mail: [balakin\\_a\\_a@mail.ru](mailto:balakin_a_a@mail.ru); ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7712-6686>.

**Лукин** Олег Николаевич – канд. биол. наук, ст. науч. сотр. лаборатории биологической подвижности ИИФ УрО РАН; e-mail: [o.lookin@iip.uran.ru](mailto:o.lookin@iip.uran.ru); ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9544-1885>.

**Лисин** Руслан Владимирович – мл. науч. сотр. лаборатории биологической подвижности ИИФ УрО РАН; e-mail: [lisin.ruslan@gmail.com](mailto:lisin.ruslan@gmail.com); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6861-4816>.

**Набиев** Салават Рафаилович – науч. сотр. лаборатории биологической подвижности ИИФ УрО РАН; e-mail: [salavatik2003@gmail.com](mailto:salavatik2003@gmail.com); ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9095-6775>.

**Панов** Владимир Григорьевич – канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотр. отдела токсикологии и биофилактики ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора, ст. науч. сотр. лаборатории математического моделирования в экологии и медицине ИПЭ УрО РАН; e-mail: [vpanov@ecko.uran.ru](mailto:vpanov@ecko.uran.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6718-3217>.

**Кацнельсон** Леонид Борисович – д-р физ.-мат. наук, вед. науч. сотр. лаборатории математической физиологии ИИФ УрО РАН, вед. специалист лаборатории математического моделирования в физиологии и медицине с использованием суперкомпьютерных технологий Института естественных наук и математики УрФУ; e-mail: [lbk@efif.uran.ru](mailto:lbk@efif.uran.ru); ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9553-9110>.

**Никитина** Лариса Валерьевна – д-р биол. наук, вед. науч. сотр. лаборатории биологической подвижности ИИФ УрО РАН; e-mail: laranikita63@gmail.com; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7174-2357>.

**Кацнельсон** Борис Александрович – д-р мед. наук, профессор, научный консультант ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора; e-mail: bkaznelson@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8750-9624>.

### Effects of Lead and/or Cadmium on the Contractile Function of the Rat Myocardium Following Subchronic Exposure and Its Attenuation with a Complex of Bioprotectors

S.V. Klinova,<sup>1</sup> I.A. Minigalieva,<sup>1</sup> M.P. Sutunkova,<sup>1</sup> L.I. Privalova,<sup>1</sup> O.P. Gerzen,<sup>2</sup> Yu.V. Riabova,<sup>1</sup> Yu.L. Protsenko,<sup>2</sup> A.A. Balakin,<sup>2</sup> O.N. Lookin,<sup>2</sup> R.V. Lisin,<sup>2</sup> S.R. Nabiev,<sup>2</sup> V.G. Panov,<sup>1,4</sup> L.B. Katsnelson,<sup>2,3</sup> L.V. Nikitina,<sup>2</sup> B.A. Katsnelson<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, 30 Popov Street, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation

<sup>2</sup>Institute of Immunology and Physiology of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 106 Pervomayskaya Street, Yekaterinburg, 620049, Russian Federation

<sup>3</sup>Institute of Natural Sciences and Mathematics, 19 Mira Street, Yekaterinburg, 620002, Russian Federation

<sup>4</sup>Institute of Industrial Ecology of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 20 Sofia Kovalevskaya Street, Yekaterinburg, 620990, Russian Federation

**Summary.** *Background:* As by-products of copper smelting, lead and cadmium pollute both workplace air at metallurgical plants and adjacent territories. Their increased levels in the human body pose a higher risk of cardiovascular diseases. The *objective* of our study was evaluate changes in the rat myocardium contractile function following moderate subchronic exposure to soluble lead and/or cadmium salts and its attenuation by means of a complex of bioprotectors. *Materials and methods:* The subchronic exposure of rats was modelled by intraperitoneal injections of 3-H<sub>2</sub>O lead acetate and/or 2.5-H<sub>2</sub>O cadmium chloride in single doses, 6.01 mg of Pb and 0.377 mg of Cd per kg of body weight, respectively, 3 times a week during 6 weeks. The myosin heavy chains isoform ratio was estimated by gel electrophoresis. Biomechanical measurements were performed on isolated multicellular preparations of the myocardium (trabeculae and papillary muscles) from the right ventricle. *Results:* The subchronic lead exposure slowed down the contraction and relaxation cycle and increased myosin expression towards slowly cycling V3 isomyosins. Cadmium intoxication, on the contrary, shortened the contraction and relaxation cycle and shifted the ratio of isomyosins forms towards rapidly cycling V1. Following the combined exposure to lead and cadmium, some contractile characteristics changed in the direction typical of the effect of lead while others – in that of cadmium. We observed that the metal combination either neutralized or enhanced the isolated damaging effect of each heavy metal. The use of a complex of bioprotectors normalized the myocardial contractility impaired by the exposure to lead and cadmium either partially or completely. *Discussion:* Despite the changes in myocardial contractility following the subchronic lead and cadmium exposure, the mechanisms of heterometric regulation were maintained. The adverse cardiotoxic effect of the combination of these industrial contaminants may be weakened by administering a complex of bioprotectors.

**Keywords:** cardiotoxicity, lead, cadmium, myocardial contractility, myosins, bioprotectors.

**For citation:** Klinova SV, Minigalieva IA, Sutunkova MP, Privalova LI, Gerzen OP, Riabova YuV, Protsenko YuL, Balakin AA, Lookin ON, Lisin RV, Nabiev SR, Panov VG, Katsnelson LB, Nikitina LV, Katsnelson BA. Effects of lead and/or cadmium on the contractile function of the rat myocardium following subchronic exposure and its attenuation with a complex of bioprotectors. *Zdorov'e Nasesleniya i Sreda Obitaniya*. 2021; (6(339)):25–33. (In Russian). doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-339-6-25-33>

#### Author information:

✉ Svetlana V. **Klinova**, Research Scientist, Department of Toxicology and Bioprophylaxis, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing (Rospotrebnadzor); e-mail: klinova.svetlana@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0927-4062>.

Ilzira A. **Minigalieva**, D.Biol.Sc., Head of the Department of Toxicology and Bioprophylaxis, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers of Rospotrebnadzor; e-mail: ilzira-minigalieva@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1871-8593>.

Marina P. **Sutunkova**, MD, D.M.Sc., Director, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers of Rospotrebnadzor; e-mail: marinasutunkova@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1743-7642>.

Larisa I. **Privalova**, MD, D.M.Sc., Professor, Chief Research Scientist, Head of the Laboratory of Scientific Foundations of Biological Prophylaxis, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers of Rospotrebnadzor; e-mail: privalovali@yahoo.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1442-6737>.

Oksana P. **Gerzen**, Research Scientist, Laboratory of Biological Mobility, Institute of Immunology and Physiology of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; e-mail: o.p.gerzen@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3853-1571>.

Iuliia V. **Riabova**, Junior Research Scientist, Laboratory of Scientific Foundations of Biological Prophylaxis, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers of Rospotrebnadzor; e-mail: ryabova@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2677-0479>.

Yuri L. **Protsenko**, D.Biol.Sc., Chief Research Scientist, Laboratory of Biological Mobility, Institute of Immunology and Physiology of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; e-mail: y.protsenko@iip.uran.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4693-244X>.

Alexander A. **Balakin**, Candidate of Biological Sciences, Senior Research Scientist, Laboratory of Biological Mobility, Institute of Immunology and Physiology of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; e-mail: balakin\_a\_a@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7712-6686>.

Oleg N. **Lookin**, Candidate of Biological Sciences, Senior Research Scientist, Laboratory of Biological Mobility, Institute of Immunology and Physiology of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; e-mail: o.lookin@iip.uran.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9544-1885>.

Ruslan V. **Lisin**, Junior Research Scientist, Laboratory of Biological Mobility, Institute of Immunology and Physiology of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; e-mail: lisin.ruslan@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6861-4816>.

Salavat R. **Nabiev**, Research Scientist, Laboratory of Biological Mobility, Institute of Immunology and Physiology of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; e-mail: salavatk2003@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9095-6775>.

Vladimir G. **Panov**, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Senior Research Scientist, Department of Toxicology and Bioprophylaxis, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers of Rospotrebnadzor; Senior Research Scientist, Laboratory of Mathematical Modeling in Ecology and Medicine, Institute of Industrial Ecology of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; e-mail: vpanov@ecko.uran.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6718-3217>.

Leonid B. **Katsnelson**, D.Sc. (Physics and Mathematics), Leading Research Scientist, Laboratory of Mathematical Physiology, Institute of Immunology and Physiology of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; Leading Specialist, Laboratory of Mathematical Modeling in Physiology and Medicine Using Supercomputer Technologies, Institute of Natural Sciences and Mathematics of the Ural Federal University; e-mail: lbk@efif.uran.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9553-9110>.

Larisa V. **Nikitina**, D.Biol.Sc., Leading Research Scientist, Laboratory of Biological Mobility, Institute of Immunology and Physiology of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; e-mail: laranikita63@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7174-2357>.

Boris A. **Katsnelson**, MD, D.M.Sc., Professor, Research Adviser, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers of Rospotrebnadzor; e-mail: bkaznelson@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8750-9624>.

**Введение.** Одним из факторов риска возникновения заболевания сердечно-сосудистой системы являются токсичные металлы, среди которых особое значение придается свинцу и кадмию [1–4]. Комбинированная вредная экспозиция к этим металлам в разных количественных соотношениях между ними типична для довольно больших групп населения, профессионально занятых в медеплавильном производстве и/или проживающих на загрязняемых территориях [5, 6].

Большинство эпидемиологических исследований указывает на то, что существует связь между повышением концентраций свинца и кадмия в крови и развитием гипертонии [7–15]. Основной механизм первичных токсикодинамических эффектов неблагоприятного влияния свинца на функцию сердца – конкурентное замещение ионов кальция или блокирование их взаимодействия с  $Ca^{2+}$ -связывающими белками [16–18]. Вторичные эффекты связаны с повышением артериального давления [19, 20] или с нефротоксическим действием свинца [21]. Некоторые экспериментальные исследования указывают на возможность прямого кадмиевого повреждения кардиомиоцитов или действия на регуляторные механизмы сократительной активности сердечных клеток [16, 17, 22–27].

**Целью данного исследования** стала оценка изменений сократительной функции миокарда крыс на фоне умеренно выраженной субхронической интоксикации растворимыми солями свинца и/или кадмия и ее ослабления при применении комплекса биопротекторов.

**Материалы и методы.** Исследования были выполнены на белых беспородных крысах-самцах собственного разведения с начальной массой тела около 220 г. Содержание, питание, уход за животными и выведение их из эксперимента осуществляли в соответствии с требованиями Хельсинкской декларации и “International guiding principles for biomedical research involving animals”, разработанными The Council for International Organizations of Medical Sciences and the International Council for Laboratory Animal Science (2012). Исследования были одобрены Локальным этическим комитетом ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора (протокол № 2 от 01.02.2018).

Субхроническую интоксикацию моделировали путем внутривенных инъекций 3-водного ацетата свинца и/или 2,5-водного хлорида кадмия в разовых дозах по металлу соответственно 6,01 мг и 0,377 мг на 1 кг массы тела 3 раза в неделю в течение 6 недель. Часть животных *per os* получала биопрофилактический комплекс, включавший пектин (1 г/кг массы тела), витаминно-минеральные препараты, содержащие Ca (160 мг на крысу), Fe (0,38 мг на крысу), Mg (2,08 мг на крысу), I (4,1 мкг на крысу), Se (1,38 мкг на крысу), витамины A (35,2 мкг на крысу), E (0,27 мг на крысу), C (3,0 мг на крысу), D3 (1,78 мкг на крысу), B1 (0,04 мг на крысу), B2 (0,04 мг на крысу), B6 (0,04 мг на крысу), рутин (1,4 мг на крысу), ацетилцистеин (30 мг на крысу), препарат рыбьего жира с высоким содержанием омега-3 жирных кислот (13,3 мг на крысу в 1 капле), смешанный с кормом, и 1,5%-й раствор глутамата

натрия (160 мг на крысу) в питье. Животные были случайным образом разделены на 6 групп по 10 животных в каждой: Контроль, Pb, Cd, Pb + Cd, Pb + Cd + БПК, БПК.

Исследование сократимости изолированных препаратов миокарда. За несколько минут до умерщвления методом цервикальной дислокации крысам внутримышечно вводили гепарин (0,2 мл 5000 ед.) и миорелаксант ксилазин (0,3 мл). Сразу после эвтаназии вскрывали грудную клетку и извлеченное спонтанно сокращающееся сердце помещали на 15 минут в чашку Петри с модифицированным физиологическим раствором Кребса – Хенселейта, содержащим 30 мМ БДМ (2,3-бутандион моноксим), размещенную на столике бинокулярного микроскопа, при комнатной температуре. Микрохирургическими инструментами в правом желудочке иссекали тонкую (во избежание гипоксии глубоких слоев исследуемых препаратов миокарда) папиллярную мышцу с участком клапана и пристеночным кусочком миокарда, а также тонкую пристеночную трабекулу миокарда.

После иссечения препарат помещали в одну из двух термостатируемых ванночек двухканальной установки с температурой перфузируемого и барбатрируемого смеси газов ( $O_2$  – 95 % и  $CO_2$  – 5 %) модифицированного раствора Кребса – Хенселейта  $35,0 \pm 0,1$  °С. Состав раствора: 118 мМ NaCl, 4,7 мМ KCl, 1,2 мМ  $MgSO_4$ , 14,5 мМ  $NaHCO_3$ , 1,2 мМ  $KH_2PO_4$ , 2,5 мМ  $CaCl_2$ , 11,1 мМ глюкоза, инсулин 5 ед./л, pH 7,35.

Один из концов препарата крепили к штоку датчика силы, другой конец – к штоку сервомотора. После этого для адаптации к условиям эксперимента в течение 30–45 мин препараты стимулировали через параллельно расположенные неполяризующиеся угольные электроды надпороговыми электрическими импульсами длительностью 1–5 мс, частотой 2 Гц при температуре 35 °С и небольшом растяжении в изометрическом режиме. Перфузию раствора Кребса – Хенселейта осуществляли с помощью роликовых насосов (Masterflex L/S). При установлении стационарного режима сократимости длину препарата уменьшали до возможно меньшей, при которой еще можно зарегистрировать минимальную величину силы, – эту длину принимали за  $L_0$ . После этого в каждом эксперименте при постепенном увеличении длины препарата (обычно ступенчато с шагом 50 мкм) и установлении стационарных значений силы на каждой длине достигали максимально возможной для данного препарата длины, которую принимали за  $L_{max}$ .

На длине  $L_0$  измерены большой и малый диаметры трабекул и папиллярных мышц для расчета площади поперечного сечения как эллипса. Для сопоставимости механических характеристик препаратов миокарда разных животных произведена нормировка величины силы (мг) на площадь поперечного сечения ( $mm^2$ ) каждого конкретного препарата, что соответствует величине механического напряжения ( $mH/mm^2$ ). В процессе растяжения от  $L_0$  до  $L_{max}$  изолированных многоклеточных препаратов миокарда правого желудочка крыс при постоянной частоте стимуляции 2 Гц измерены

и проанализированы активное и пассивное напряжение, максимальная скорость развития силы и расслабления, время достижения максимума силы (ВДМ), время спада от пика силы до заданной величины амплитуды сокращения.

**Определение содержания  $\alpha$ - и  $\beta$ -тяжелых цепей сердечного миозина (ТЦМ).** Соотношение между изоформами тяжелых цепей миозина из миокарда правого желудочка крыс определяли с помощью денатурирующего гель-электрофореза по методу [28]. После электрофореза гели окрашивали Кумасси, затем промывали водой, сканировали с помощью денситометра фирмы «BioRad» (США) и определяли процентное соотношение  $\alpha$ - и  $\beta$ -тяжелых цепей миозина в пробе.

**Статистический анализ данных.** Данные обрабатывали с использованием непараметрического U-критерия Манна – Уитни. Различия считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ . Результаты представлены как среднее арифметическое  $\pm$  стандартная ошибка среднего ( $\bar{X} \pm Sx$ ).

Для математического описания комбинированной токсичности была использована методология построения поверхности отклика (the Response Surface Methodology – RSM), обобщающая методы ANOVA и математической теории организации эксперимента [29].

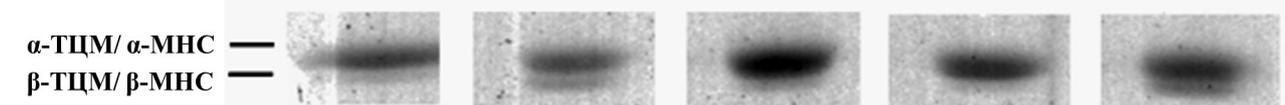
**Результаты и их обсуждение.** По окончании эксперимента в группах Cd, Pb и Cd+Pb было показано развитие умеренно выраженной интоксикации, подробно описанное в статье Klinova с соавт. [30]

**Результаты гель-электрофореза миокарда крыс.** В результате электрофоретического исследования установлена более выраженная

экспрессия  $\beta$ -тяжелых цепей сердечного миозина (изоформы миозина V3, которая является гомодимером  $\beta$ -ТЦМ) в миокарде сердец крыс после свинцовой экспозиции по сравнению с миокардом сердец крыс контрольной группы (рис. 1, таблица).

Замещение значительной части быстрых изоформ сердечного миозина V1 ( $\alpha$ - $\alpha$ -гомомеров ТЦМ) более медленными (V3) может указывать на наличие гипертрофии миокарда у крыс при субхронической свинцовой интоксикации, поскольку многократно показано, что гипертрофия миокарда сопровождается смещением соотношения изомиозинов в сторону более медленного V3 [31, 32]. Кадмиевая экспозиция, напротив, вызвала повышенную экспрессию быстрой изоформы сердечного миозина V1, комбинированная экспозиция также увеличила содержание изоформы V1 по сравнению с контролем. Комбинированная экспозиция на фоне действия биопротективного комплекса (БПК) привела к сдвигу экспрессии в сторону более медленных изоформ миозина V3. Интересно, что аналогичный сдвиг в сторону экспрессии изоформ миозина V1 наблюдается у животных с гипертиреозом [33]. С другой стороны, известно, что одним из последствий токсического действия кадмия может являться гипертиреоз [34].

Сократимость изолированных препаратов миокарда крыс. При увеличении исходной степени растяжения сердечной мышцы рост развиваемой ею активной силы, в соответствии с законом Франка – Старлинга, как правило, сопровождается нелинейным ростом пассивного механического напряжения в состоянии покоя (диастолического). На разном уровне



**Рис. 1.** Репрезентативный пример электрофореграмм расположения изоформ  $\alpha$ - и  $\beta$ -тяжелых цепей миозина (ТЦМ), выделенного из миокарда экспериментальных крыс (слева направо) контрольной группы, после свинцовой экспозиции, после кадмиевой экспозиции, после комбинированной свинцово-кадмиевой экспозиции и после такой же комбинированной экспозиции на фоне назначения БПК

**Fig. 1.** Representative examples of electrophoregrams showing the location of  $\alpha$ - and  $\beta$ -myosin heavy chains recovered from the myocardia of experimental rats (left to right): of the control group, following lead exposure, following cadmium exposure, following the combined exposure to lead and cadmium, and following the combined exposure and oral administration of bioprotectors

**Таблица.** Некоторые характеристики миокарда крыс в контроле и при развитии свинцово-кадмиевой интоксикации без биопротекции и на фоне назначения БПК ( $\bar{X} \pm Sx$ )

**Table.** Some characteristics of myocardium in controls and rats exposed to lead and cadmium with and without bioprotection (BPC) ( $\bar{X} \pm Sx$ )

Показатели миокарда / Myocardial indices	Контроль / Controls	Pb + Cd	Pb + Cd на фоне назначения БПК / Pb + Cd following BPC
Экспрессия $\alpha$ -тяжелых цепей миозина, % / Expression of $\alpha$ -МНС, %	80 $\pm$ 6	90 $\pm$ 7 *	78 $\pm$ 5 #
Экспрессия $\beta$ -тяжелых цепей миозина, % / Expression of $\beta$ -МНС, %	20 $\pm$ 5	10 $\pm$ 3 *	22 $\pm$ 5 #
Активное напряжение изолированных многоклеточных препаратов миокарда на рабочей длине, соответствующей 95 % $L_{max}$ , мН/мм <sup>2</sup> / Active tension of isolated multicellular myocardium preparations at the working length corresponding to 95 % $L_{max}$ , mN/mm <sup>2</sup>	53 $\pm$ 3	40 $\pm$ 3 *	47 $\pm$ 4 #
Пассивное напряжение изолированных многоклеточных препаратов миокарда на рабочей длине, соответствующей 95 % $L_{max}$ , мН/мм <sup>2</sup> / Passive tension of isolated multicellular myocardium preparations at the working length corresponding to 95 % $L_{max}$ , mN/mm <sup>2</sup>	2,0 $\pm$ 0,3	6,5 $\pm$ 0,5 *	2,5 $\pm$ 0,3 #

**Примечание:** \* – статистически значимое отличие от контрольной группы, # – статистически значимое отличие от группы, получавшей только Pb + Cd.

**Notes:** \* – statistically significant difference from the control group, # – statistically significant difference from the group exposed to Cd + Pb.

организации миокардиальной ткани последнее обусловлено, в основном, растяжением различных упругих морфологических межклеточных и внутриклеточных структур. В частности, в кардиомиоцитах основной вклад в пассивное напряжение вносит титин [35, 36].

Увеличение пассивного напряжения (жесткости) в препаратах трабекул видно только для препаратов трабекул крыс после кадмиевой интоксикации, а после свинцовой и комбинированной — кривые лежат рядом с контрольной (рис. 2). В то же время для папиллярных мышц заметен рост жесткости не только при обеих изолированных экспозициях на длины, близких к  $L_{max}$ , но в еще большей степени при комбинированной экспозиции, статистически значимо начиная с 85 %  $L_{max}$ .

Анализируя изменения активной силы изометрических сокращений для препаратов изолированных трабекул (рис. 3), можно говорить о том, что при комбинированной интоксикации превалирует ингибирующий эффект свинцовой интоксикации, но он выражен в меньшей степени, чем при изолированном действии свинца. Однако на препаратах папиллярных мышц все соответствующие кривые,

полученные во всем диапазоне длин, лежат плотным пучком и некоторое расхождение их наблюдается только в области больших длин препаратов. При этом кадмиевая и свинцовая интоксикации по отдельности ингибируют силу сокращений, а при комбинированном действии даже повышают ее по сравнению с контролем.

Нормируя величину скорости сокращения на амплитуду сокращения, мы оценили зависимость величины максимальной скорости развития изометрического напряжения от длины препарата (рис. 4). Увеличение длины препаратов трабекул и папиллярных мышц почти во всех группах сопровождается падением величины максимальной нормированной скорости развития напряжения, но оно практически отсутствует в препаратах папиллярных мышц крыс при комбинированной экспозиции. При этом препараты трабекул крыс группы «Cd» характеризуются наибольшей величиной скорости, в то время как у препаратов группы «Pb» — наименьшая скорость во всем диапазоне длин по сравнению с трабекулами контрольной группы, а при комбинированной экспозиции кривая лежит близко к контрольной.

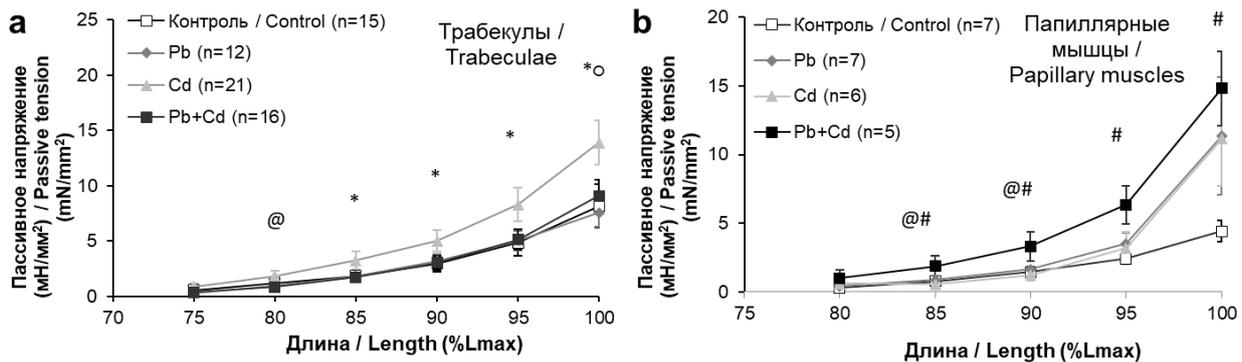


Рис. 2. Зависимость «длина — пассивное напряжение» препаратов трабекул (а) и папиллярных мышц (б) самцов крыс всех исследованных групп (обозначения даны в легенде, в скобках указано число препаратов). Частота стимуляции 2 Гц,  $[Ca^{2+}]_o = 1,9$  мМ,  $t = 35$  °С. Приведены  $\bar{X} \pm Sx$ . Различия между группами \* — «Cd» и «Контроль», # — «Pb + Cd» и «Контроль», @ — «Pb + Cd» и «Cd», o — «Cd» и «Pb» статистически значимы при  $p < 0,05$  (U-критерий Манна — Уитни)

Fig. 2. The length- passive tension relationship in trabecular (a) and papillary muscle (b) preparations from the right ventricle of rats from all experimental groups. Stimulation frequency = 2 Hz,  $[Ca^{2+}]_o = 1,9$  mM,  $t = 35$  °C. The points with bars show  $\bar{X} \pm Sx$ . The differences are significant ( $p < 0,05$ , Mann-Whitney U-test) between the groups: \* — “Cd” vs “Control”, # — “Pb + Cd” vs “Control”, @ — “Pb + Cd” vs “Cd”, o — “Cd” vs “Pb”.

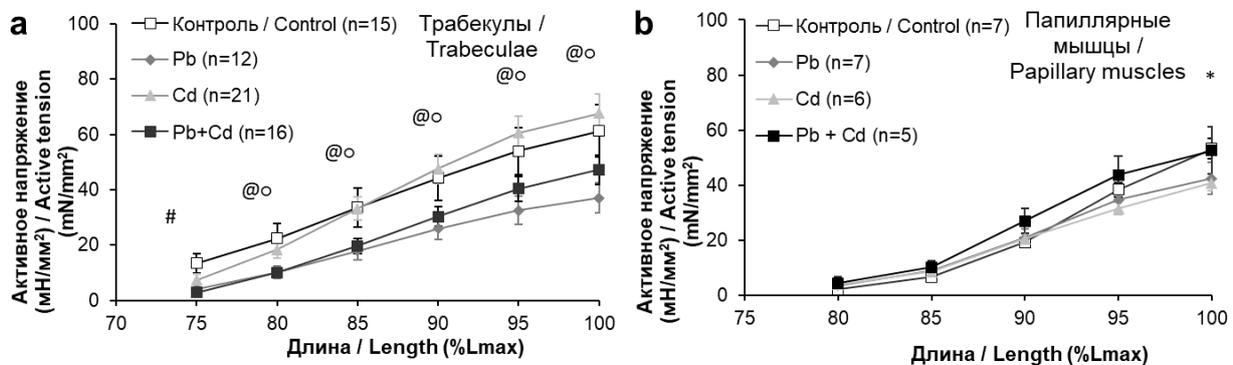


Рис. 3. Зависимость «длина — активное напряжение» изолированных препаратов трабекул (а) и папиллярных мышц (б) самцов крыс всех исследованных групп (обозначения даны в легенде, в скобках указано число препаратов). Частота стимуляции 2 Гц,  $[Ca^{2+}]_o = 1,9$  мМ,  $t = 35$  °С. Приведены  $\bar{X} \pm Sx$ . Различия между группами \* — «Cd» и «Контроль», # — «Pb + Cd» и «Контроль», @ — «Pb + Cd» и «Cd», o — «Cd» и «Pb» статистически значимы при  $p < 0,05$  (U-критерий Манна — Уитни)

Fig. 3. The length-active tension relationship in isolated trabecular (a) and papillary muscle (b) preparations from the right ventricle of rats in all experimental groups. Stimulation frequency = 2 Hz,  $[Ca^{2+}]_o = 1,9$  mM,  $t = 35$  °C. The points with bars show  $\bar{X} \pm Sx$ . The differences are significant ( $p < 0,05$ , Mann-Whitney U-test) between the groups: \* — “Cd” vs “Control”, # — “Pb + Cd” vs “Control”, @ — “Pb + Cd” vs “Cd”, o — “Cd” vs “Pb”.

Свинец и кадмий разнонаправленно изменяли время достижения максимума (ВДМ) изометрического сокращения препаратов трабекул и папиллярных мышц (рис. 5). При комбинированной токсической экспозиции видно антагонистическое взаимовлияние металлов на трабекулы, в результате чего кривая ВДМ при действии комбинации металлов пролегла близко к контрольной. На папиллярных мышцах наблюдали статистически значимый рост ВДМ даже больше, чем при изолированной свинцовой нагрузке.

Для характеристики скорости открепления головок миозина от актина, распада кальций-тропоиноновых комплексов и отведения кальция от саркомеров в саркоплазматический ретикулум и в межклеточную среду был использован интегральный показатель этих процессов – время спада активного механического напряжения миокарда до величины 50 % ( $t_{50}$ ). Картина изменений  $t_{50}$  на разных длинах препаратов (рис. 6) схожа с тем, что мы наблюдали для ВДМ. Свинец увеличивает  $t_{50}$ , кадмий – умень-

шает, а при комбинированном воздействии в препаратах трабекул взаимовлияние металлов нивелирует друг друга (кривая группы «Pb + Cd» лежит близко к контрольной), в то время как в препаратах папиллярных мышц заметен ведущий вклад свинца –  $t_{50}$  увеличено (кривая «Pb + Cd» пролегла близко к кривой «Pb»).

При комбинированной свинцово-кадмиевой интоксикации одни характеристики изменялись в направлении, характерном для воздействия свинца (например, активное напряжение в трабекулах), другие – для кадмия (пассивное напряжение в папиллярных мышцах). Иногда противонаправленное по отдельности воздействие свинца и кадмия в комбинации приводило к неизменности характеристики (время достижения максимума и время расслабления в препаратах трабекул). В целом, поскольку отклонения от нормы, вызванные субхроническим изолированным воздействием свинца и кадмия на кардиомиоциты, являются разнонаправленными, при их совместном воздействии можно ожидать сложную картину, зависящую как от

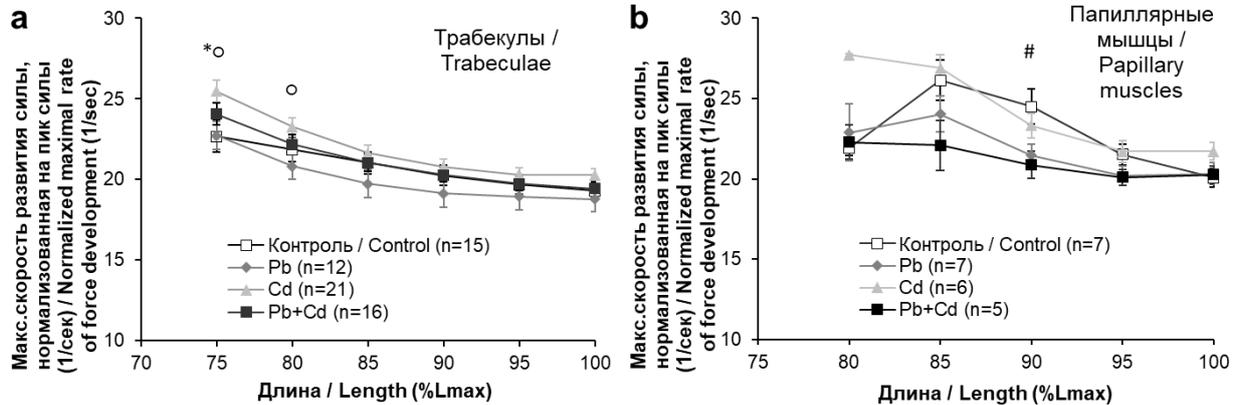


Рис. 4. Зависимость нормированной максимальной скорости развития изометрического напряжения препаратов трабекул (а) и папиллярных мышц (б) от длины у самцов крыс всех исследованных групп (обозначения даны в легенде, в скобках указано число препаратов). Частота стимуляции 2 Гц,  $[Ca^{2+}]_o = 1,9$  мМ,  $t = 35$  °С. Приведены  $\bar{X} \pm Sx$ . Различия между группами \* – «Cd» и «Контроль», # – «Pb + Cd» и «Контроль», ○ – «Cd» и «Pb» статистически значимы при  $p < 0,05$  (U-критерий Манна – Уитни)

Fig. 4. The length dependence of the normalized maximal rate of tension development in trabecular (a) and papillary muscle (b) preparations from the right ventricle of rats from all experimental groups. Stimulation frequency = 2 Hz,  $[Ca^{2+}]_o = 1.9$  mM,  $t = 35$  °C. The points with bars show  $\bar{X} \pm Sx$ . The differences are significant ( $p < 0.05$ , Mann-Whitney U-test) between the groups: \* – “Cd” vs “Control”, # – “Pb + Cd” vs Control, ○ – “Cd” vs “Pb”

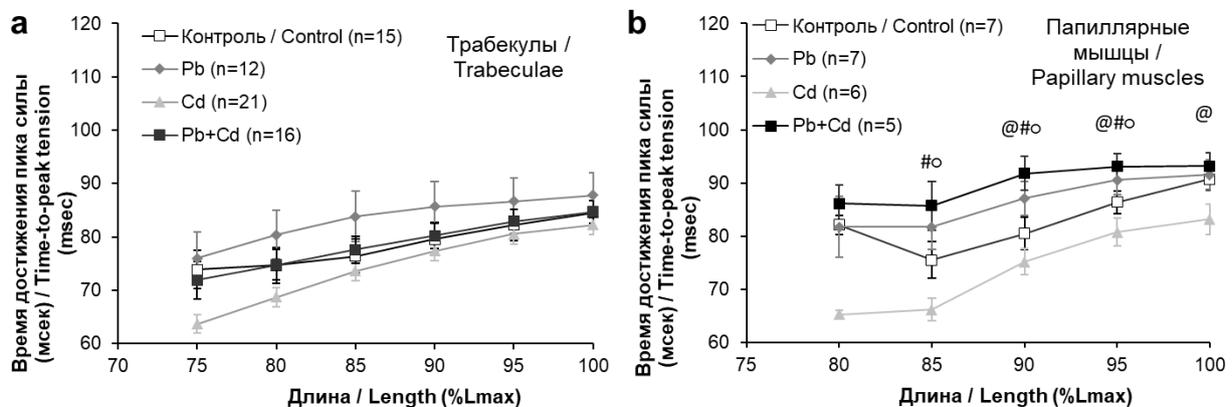
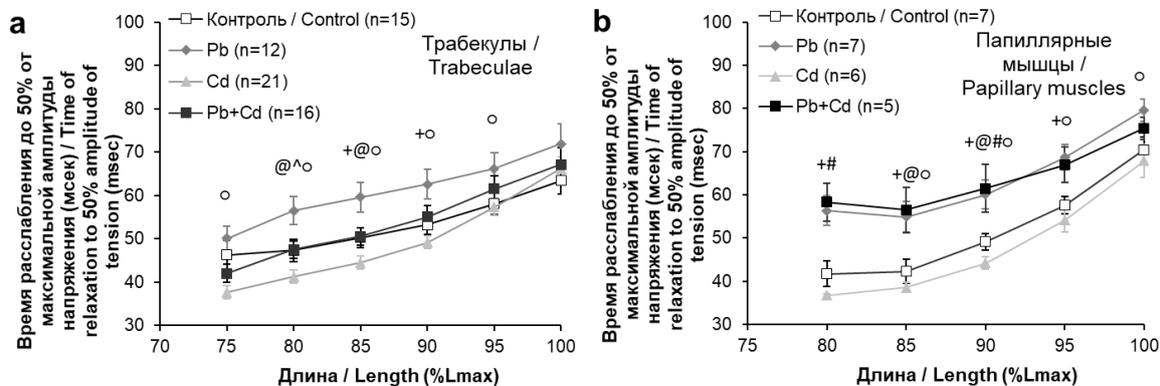


Рис. 5. Зависимость величины времени достижения максимума амплитуды изометрических сокращений от величины растяжения изолированных препаратов трабекул (а) и папиллярных мышц (б) самцов крыс всех исследованных групп (обозначения даны в легенде, в скобках указано число препаратов). Частота стимуляции 2 Гц,  $[Ca^{2+}]_o = 1,9$  мМ,  $t = 35$  °С. Приведены  $\bar{X} \pm Sx$ . Различия между группами # – «Pb + Cd» и «Контроль», @ – «Pb + Cd» и «Cd», ○ – «Cd» и «Pb» статистически значимы при  $p < 0,05$  (U-критерий Манна – Уитни)

Fig. 5. Dependence of the time to peak of isometric contraction amplitude on the extent of stretching in isolated trabecular (a) and papillary muscle (b) preparations from the right ventricle of rats from all experimental groups. Stimulation frequency = 2 Hz,  $[Ca^{2+}]_o = 1.9$  mM,  $t = 35$  °C. The points with bars show  $\bar{X} \pm Sx$ . The differences are significant ( $p < 0.05$ , Mann-Whitney U-test) between the groups: # – “Pb + Cd” vs “Control”, @ – “Pb + Cd” vs “Cd”, ○ – “Cd” vs “Pb”

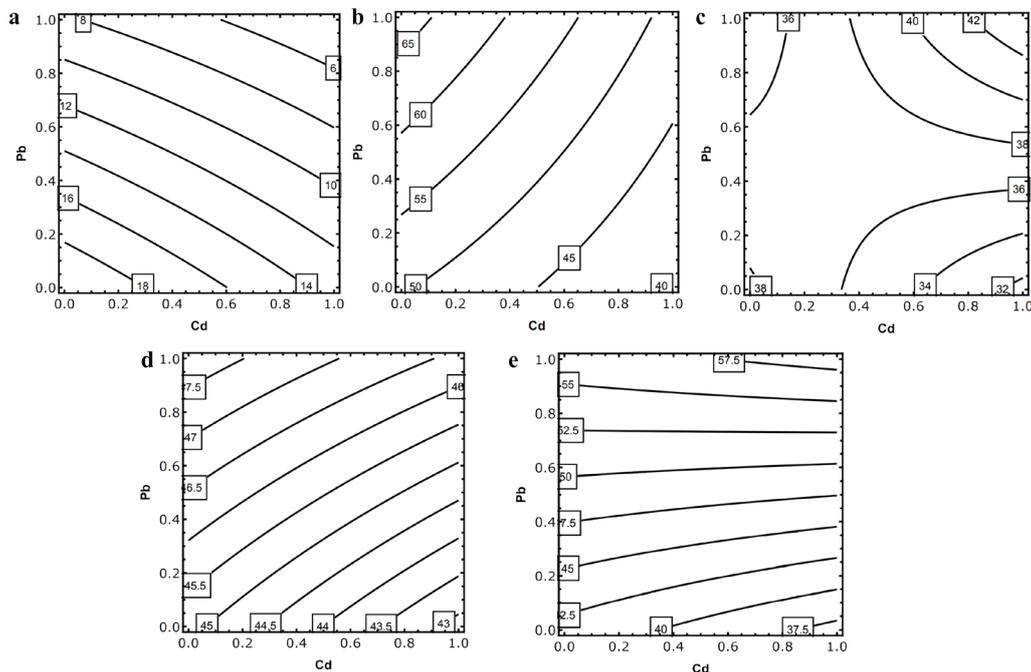
дозы токсикантов, так и от индивидуальных особенностей восприимчивости организма. Неоднозначность типа комбинированной кардиотоксичности свинца и кадмия подтверждена математическим моделированием на основе RSM-анализа. Иллюстрирующие это примеры представлены на рис. 7. Помимо ранее описан-

ной [29] зависимости типа комбинированного токсического действия от конкретного эффекта этого действия, выраженности эффекта и соотношения доз токсикантов, мы наблюдали зависимость данного типа от степени растяжения кардиомиоцитов и анализируемого типа мышц.



**Рис. 6.** Зависимость времени расслабления до уровня 50 % амплитуды изометрических сокращений от величины растяжения препаратов трабекул (а) и папиллярных мышц (б) самцов крыс всех исследованных групп (обозначения даны в легенде, в скобках указано число препаратов). Частота стимуляции 2 Гц, [Ca<sup>2+</sup>]<sub>o</sub> = 1,9 мМ, t = 35 °С. Приведены  $\bar{X} \pm Sx$ . Различия между группами + – «Pb» и «Контроль», # – «Pb + Cd» и «Контроль», @ – «Pb + Cd» и «Cd», ^ – «Pb + Cd» и «Pb», o – «Cd» и «Pb» статистически значимы при p < 0,05 (U-критерий Манна – Уитни)

**Fig. 6.** Dependence of the time of relaxation to 50 % of isometric contraction amplitude on the extent of stretching in trabecular (a) and papillary muscle (b) preparations from the right ventricle of rats from all experimental groups. Stimulation frequency = 2 Hz, [Ca<sup>2+</sup>]<sub>o</sub> = 1.9 mM, t = 35 °C. The points with bars show  $\bar{X} \pm Sx$ . The differences are significant (p < 0.05, Mann-Whitney U-test) between the groups: + – “Pb” vs “Control”, # – “Pb + Cd” vs “Control”, @ – “Pb + Cd” vs “Cd”, ^ – “Pb + Cd” vs “Pb”, o – “Cd” vs “Pb”.



**Рис. 7.** Примеры изоболограмм, иллюстрирующие неоднозначность типа комбинированного действия кадмия и свинца на: (а) активное напряжение в препаратах трабекул при исходном растяжении до 75 % L<sub>max</sub> (аддитивность однонаправленного действия); (б) то же при растяжении до 95 % L<sub>max</sub> (противонаправленное действие); (с) активное напряжение в препарате папиллярной мышцы при исходном растяжении до 95 % L<sub>max</sub> (различные типы действия от супераддитивного до противоположно направленного при разных дозовых соотношениях); (д) время расслабления до уровня 50 % амплитуды изометрических сокращений при исходном растяжении до 80 % L<sub>max</sub> в препарате трабекулы (противонаправленное действие); (е) то же в препарате папиллярной мышцы при исходном растяжении до 80 % L<sub>max</sub> (преимущественно однофакторное действие свинца). По осям – дозы металлов в долях от соответствующих доз; на изоболах – величина соответствующего эффекта

**Fig. 7.** Examples of isobolograms illustrating variability of the type of the combined effect of cadmium and lead on: (a) active tension in trabeculae at L = 75 % L<sub>max</sub> (additivity of a unidirectional effect); (b) the same at L = 95 % L<sub>max</sub> (counter-directional effect); (c) active tension in the papillary muscles at L = 95 % L<sub>max</sub> (various types of action at different dose ratios); (d) relaxation time to a level of 50 % of the maximal amplitude of isometric contractions in trabeculae at L = 80 % L<sub>max</sub> (counter-directional effect); (e) the same in the papillary muscles at L = 80 % L<sub>max</sub> (predominantly unifactorial effect of lead). Along the axes – doses of metals in fractions corresponding to the total dose; on isoboles – the magnitude of the corresponding effect. The axes plot doses of metals in fractions of the corresponding doses; numbers on the isoboles show the magnitude of the corresponding effect

Механические характеристики миокарда крыс, изменяющиеся под влиянием свинцово-кадмиевой интоксикации, полностью или частично нормализуются в том случае, если последняя развивалась на фоне действия БПК (таблица). Так, рост пассивного напряжения в препаратах папиллярных мышц при комбинированной экспозиции нивелируется при той же экспозиции на фоне приема БПК. Также на фоне действия БПК ослабляется комбинированный токсический эффект на амплитуду активного напряжения в трабекулах, время достижения максимума сокращений и время расслабления в папиллярных мышцах. Наряду с этим вызванное свинцово-кадмиевой интоксикацией увеличение доли  $\alpha$ -тяжелых цепей миозина отсутствует, если воздействие указанных металлов осуществлялось на фоне БПК.

Ослабление комбинированного токсического действия свинца и кадмия на фоне назначения БПК было найдено и по ряду других эффектов со стороны различных органов и систем, как то: коэффициент фрагментации ДНК в ядро-содержащих клетках циркулирующей крови, доля ретикулоцитов, активность сукцинатдегидрогеназы, толщина кардиомиоцитов, доля безъядерных гепатоцитов в печени, процент потери щеточной каемки проксимальных извитых канальцев и доля полной десквамации эпителия в почках [30, 37]. Следовательно, можно полагать, что и в отношении кардиотоксичности это ослабление может быть не только связанным с прямым действием на миокард, но и опосредованным через сложные межсистемные связи.

#### Выводы

1. При субхронической интоксикации крыс свинцом и/или кадмием показано, что механизмы гетерометрической регуляции сократимости миокарда в принципе сохраняются, но модифицируются количественно в той или иной степени, что указывает на адаптационные возможности миокарда.

2. При кадмиевой интоксикации по сравнению с миокардом контрольных животных: — возрастает скорость развития и спада механического напряжения в одиночном сокращении, что соответствует сдвигу в изоформном составе миозина в сторону быстроциклирующих изомиозинов V1;

— возрастает жесткость миокарда.

3. При свинцовой интоксикации по сравнению с миокардом той же контрольной группы животных:

— падает амплитуда изометрических сокращений трабекул и практически не меняется в папиллярных мышцах во всем диапазоне длин препаратов;

— время достижения максимума амплитуды сокращения и время расслабления увеличиваются во всем диапазоне длин, что может быть связано со сдвигом в изоформном составе миозина в сторону более медленных изомиозинов V3.

4. При комбинированной свинцово-кадмиевой интоксикации одни контрактальные характеристики изменялись в направлении, характерном для воздействия свинца, другие — для кадмия. Неоднозначность типа комбинированного действия свинца и кадмия на

показатели сократимости изолированных препаратов миокарда подтверждена с помощью RSM-анализа.

5. Механические характеристики миокарда крыс, изменяющиеся под влиянием свинцово-кадмиевой интоксикации, полностью или частично нормализуются в том случае, если последняя развивалась на фоне действия испытанного биопротекторного комплекса (БПК). С этим согласуется и вывод об отсутствии увеличения доли  $\alpha$ -тяжелых цепей миозина, вызванного комбинированной интоксикацией, если токсическое воздействие осуществлялось на фоне назначения БПК.

**Информация о вкладе авторов:** С.В. Клинова — получение данных для анализа, анализ полученных данных, обзор публикаций по теме статьи, написание текста рукописи; Ю.Л. Проценко, Л.В. Никитина — написание текста рукописи, редактирование материала; И.А. Минигалиева, Л.И. Привалова — разработка дизайна исследования, курирование данных, редактирование материала; О.П. Герцен, Ю.В. Рябова, А.А. Балакин, О.Н. Лукин, Р.В. Лисин, С.Р. Набиев — получение данных для анализа, анализ полученных данных, расследование, методология, визуализация, программное обеспечение; В.Г. Панов — формальный анализ, визуализация; Л.Б. Кацнельсон — редактирование материала, проверка; М.П. Сутункова, Б.А. Кацнельсон — управление проектом, концептуализация, надзор.

**Финансирование:** работа не имела финансовой поддержки.

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Список литературы (пп. 2–36 см. References)

1. Трахтенберг И.М., Лубянова И.П., Апыхтина Е.Л. Роль свинца и железа, как техногенных химических загрязнителей, в патогенезе сердечно-сосудистых заболеваний // *Therapia*. 2010. Т. 49. № 07–08. С. 36–39.
37. Привалова Л.И., Клинова С.В., Минигалиева И.А., Рябова Ю.В., Сутункова М.П., Макеев О.Г. и др. Экспериментальная апробация эффективности биопрофилактического комплекса, направленного на снижение токсических эффектов комбинированного действия свинца и кадмия // *Гигиена и санитария*. 2020. Т. 99. № 1. С. 85–89.

#### References

1. Trakhtenberg IM, Lubyanova IP, Apykhtina EL. Lead and iron as man-made chemical pollutants in the pathogenesis of cardiovascular diseases. *Terapiya*. 2010;49(07-08):36–39. (In Russian).
2. Solenkova NV, Newman JD, Berger JS, Thurston G, Hochman JS, Lamas GA. Metal pollutants and cardiovascular disease: mechanisms and consequences of exposure. *Am Heart J*. 2014;168(6):812–22. doi: 10.1016/j.ahj.2014.07.007
3. Lamas GA, Navas-Acien A, Mark DB, Lee KL. Heavy metals, cardiovascular disease, and the unexpected benefits of chelation therapy. *J Am Coll Cardiol*. 2016;67(20):2411–2418. doi: 10.1016/j.jacc.2016.02.066
4. Yang WY, Zhang ZY, Thijs L, et al. Left ventricular structure and function in relation to environmental exposure to lead and cadmium. *J Am Heart Assoc*. 2017;6(2):e004692. doi: 10.1161/JAHA.116.004692
5. Kim YD, Eom SY, Yim DH, et al. Environmental exposure to arsenic, lead, and cadmium in people living near Janghang copper smelter in Korea. *J Korean Med Sci*. 2016;31(4):489–96. doi: 10.3346/jkms.2016.31.4.489
6. An HC, Sung JH, Lee J, Sim CS, Kim SH, Kim Y. The association between cadmium and lead exposure and blood pressure among workers of a smelting

- industry: a cross-sectional study. *Ann Occup Environ Med.* 2017;29:47. doi: 10.1186/s40557-017-0202-z
7. Glenn BS, Stewart WF, Links JM, Todd AC, Schwartz BS. The longitudinal association of lead with blood pressure. *Epidemiology.* 2003;14(1):30–6. doi: 10.1097/00001648-200301000-00011
  8. Glenn BS, Bandeen-Roche K, Lee BK, Weaver VM, Todd AC, Schwartz BS. Changes in systolic blood pressure associated with lead in blood and bone. *Epidemiology.* 2006;17(5):538–44. doi: 10.1097/01.ede.0000231284.19078.4b
  9. Navas-Acien A, Guallar E, Silbergeld EK, Rothenberg SJ. Lead exposure and cardiovascular disease – a systematic review. *Environ Health Perspect.* 2007;115(3):472–82. doi: 10.1289/ehp.9785
  10. Eum KD, Lee MS, Paek D. Cadmium in blood and hypertension. *Sci Total Environ.* 2008;407(1):147–53. doi: 10.1016/j.scitotenv.2008.08.037
  11. Gallagher CM, Meliker JR. Blood and urine cadmium, blood pressure, and hypertension: a systematic review and meta-analysis. *Environ Health Perspect.* 2010;118(12):1676–84. doi: 10.1289/ehp.1002077
  12. Fiorim J, Ribeiro Jr RF, Silveira EA, et al. Low-level lead exposure increases systolic arterial pressure and endothelium-derived vasodilator factors in rat aortas. *PLoS One.* 2011;6(2):e17117. doi: 10.1371/journal.pone.0017117
  13. Lee MS, Park SK, Hu H, Lee S. Cadmium exposure and cardiovascular disease in the 2005 Korea National Health and Nutrition Examination Survey. *Environ Res.* 2011;111(1):171–6. doi: 10.1016/j.envres.2010.10.006
  14. Caciari T, Sancini A, Fioravanti M, et al. Cadmium and hypertension in exposed workers: A meta-analysis. *Int J Occup Med Environ Health.* 2013;26(3):440–56. doi: 10.2478/s13382-013-0111-5
  15. Franceschini N, Fry RC, Balakrishnan P, et al. Cadmium body burden and increased blood pressure in middle-aged American Indians: the Strong Heart Study. *J Hum Hypertens.* 2017;31(3):225–230. doi: 10.1038/jhh.2016.67
  16. Chao SH, Suzuki Y, Zysk JR, Cheung WY. Activation of calmodulin by various metal cations as a function of ionic radius. *Mol Pharmacol.* 1984;26(1):75–82.
  17. Chao SH, Bu CH, Cheung WY. Activation of troponin C by Cd<sup>2+</sup> and Pb<sup>2+</sup>. *Arch Toxicol.* 1990;64(6):490–6. doi: 10.1007/BF01977632
  18. Richardt G, Federolf G, Habermann E. Affinity of heavy metal ions to intracellular Ca<sup>2+</sup>-binding proteins. *Biochem Pharmacol.* 1986;35(8):1331–5. doi: 10.1016/0006-2952(86)90278-9
  19. Staessen JA, Roels H, Fagard R. Lead exposure and conventional and ambulatory blood pressure: a prospective population study. PheeCad Investigators. *JAMA.* 1996;275(20):1563–70.
  20. Nawrot TS, Thijs L, Den Hond EM, Roels HA, Staessen JA. An epidemiological re-appraisal of the association between blood pressure and blood lead: a meta-analysis. *J Hum Hypertens.* 2002;16(2):123–31. doi: 10.1038/sj.jhh.1001300
  21. Staessen JA, Lauwerys RR, Buchet JP, et al. Impairment of renal function with increasing blood lead concentrations in the general population. The Cadmibel Study Group. *N Engl J Med.* 1992;327(3):151–156. doi: 10.1056/NEJM199207163270303
  22. Kopp SJ, Bárány M, Erlanger M, Perry EF, Perry Jr HM. The influence of chronic low-level cadmium and/or lead feeding on myocardial contractility related to phosphorylation of cardiac myofibrillar proteins. *Toxicol Appl Pharmacol.* 1980;54(1):48–56. doi: 10.1016/0041-008x(80)90007-1
  23. Kopp SJ, Perry Jr M, Glonek T, et al. Cardiac physiologic-metabolic changes after chronic low-level heavy metal feeding. *Am J Physiol.* 1980;239(1):H22–30. doi: 10.1152/ajpheart.1980.239.1.H22
  24. Ozturk IM, Buyukakilli B, Balli E, Cimen B, Gunes S, Erdogan S. Determination of acute and chronic effects of cadmium on the cardiovascular system of rats. *Toxicol Mech Methods.* 2009;19(4):308–17. doi: 10.1080/15376510802662751
  25. Ferramola ML, Pérez Diaz MFF, Honoré SM, et al. Cadmium-induced oxidative stress and histological damage in the myocardium. Effects of a soy-based diet. *Toxicol Appl Pharmacol.* 2012;265(3):380–9. doi: 10.1016/j.taap.2012.09.009
  26. Turdi S, Sun W, Tan Y, Yang X, Cai L, Ren J. Inhibition of DNA methylation attenuates low-dose cadmium-induced cardiac contractile and intracellular Ca(2+) anomalies. *Clin Exp Pharmacol Physiol.* 2013;40(10):706–12. doi: 10.1111/1440-1681.12158
  27. Chen CY, Zhang SL, Liu ZY, Tian Y, Sun Q. Cadmium toxicity induces ER stress and apoptosis via impairing energy homeostasis in cardiomyocytes. *Biosci Rep.* 2015;35(3):e00214. doi: 10.1042/BSR20140170
  28. Reiser PJ, Kline WO. Electrophoretic separation and quantitation of cardiac myosin heavy chain isoforms in eight mammalian species. *Am J Physiol.* 1998;274(3):H1048–53. doi: 10.1152/ajpheart.1998.274.3.H1048
  29. Panov VG, Katsnelson BA, Varaksin AN, et al. Further development of mathematical description for combined toxicity: A case study of lead–fluoride combination. *Toxicol Rep.* 2015;2:297–307. doi: 10.1016/j.toxrep.2015.02.002
  30. Klinova SV, Minigalieva IA, Privalova LI, et al. Further verification of some postulates of the combined toxicity theory: New animal experimental data on separate and joint adverse effects of lead and cadmium. *Food Chem Toxicol.* 2020;136:110971. doi: 10.1016/j.fct.2019.110971
  31. Gorza L, Mercadier JJ, Schwartz K, Thornell LE, Sartore S, Schiaffino S. Myosin types in the human heart. An immunofluorescence study of normal and hypertrophied atrial and ventricular myocardium. *Circ Res.* 1984;54(6):694–702. doi: 10.1161/01.res.54.6.694
  32. Hirzel HO, Tuchschild CR, Schneider J, Krayenbuehl HP, Schaub MC. Relationship between myosin isoenzyme composition, hemodynamics, and myocardial structure in various forms of human cardiac hypertrophy. *Circ Res.* 1985;57(5):729–40. doi: 10.1161/01.res.57.5.729
  33. Sugiura S, Yamashita H. Functional characterization of cardiac myosin isoforms. *Jpn J Physiol.* 1998;48(3):173–9. doi: 10.2170/jjphysiol.48.173
  34. Chen A, Kim SS, Chung E, Dietrich KN. Thyroid hormones in relation to lead, mercury, and cadmium exposure in the National Health and Nutrition Examination Survey, 2007–2008. *Environ Health Perspect.* 2013;121(2):181–6. doi: 10.1289/ehp.1205239
  35. Granzier HL, Labeit S. The giant protein titin: a major player in myocardial mechanics, signaling, and disease. *Circ Res.* 2004;94(3):284–95. doi: 10.1161/01.RES.0000117769.88862.F8
  36. Linke WA. Titin gene and protein functions in passive and active muscle. *Annu Rev Physiol.* 2018;80:389–411. doi: 10.1146/annurev-physiol-021317-121234
  37. Privalova LI, Klinova SV, Minigalieva IA, et al. An experimental trial of bioprophyllactic formula designed to minimize combined toxicity of both lead and cadmium. *Gigiena i Sanitariya.* 2020;99(1):85–89. (In Russian). doi: 10.33029/0016-9900-2020-99-1-85-89



© Минигалиева И.А., Сутункова М.П., Кацнельсон Б.А., Привалова Л.И., Панов В.Г., Гурвич В.Б., Чернышов И.Н., Соловьева С.Н., Макеев О.Г., Бушуева Т.В., 2021

УДК 615.9

## Оценка комбинированной и сравнительной токсичности наночастиц оксида цинка и оксида меди в эксперименте *in vivo*

И.А. Минигалиева<sup>1</sup>, М.П. Сутункова<sup>1</sup>, Б.А. Кацнельсон<sup>1</sup>, Л.И. Привалова<sup>1</sup>, В.Г. Панов<sup>1,2</sup>, В.Б. Гурвич<sup>1</sup>, И.Н. Чернышов<sup>1</sup>, С.Н. Соловьева<sup>1</sup>, О.Г. Макеев<sup>3</sup>, Т.В. Бушуева<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФБУН «Екатеринбургский медицинский – научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора, ул. Попова, д. 30, г. Екатеринбург, 620014, Российская Федерация

<sup>2</sup>ФГБУН Институт промышленной экологии Уральского отделения Российской академии наук, ул. С. Ковалевской, д. 20, г. Екатеринбург, 620990, Российская Федерация

<sup>3</sup>ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет», ул. Репина, д. 3, г. Екатеринбург, 620028, Российская Федерация

**Резюме.** Введение. Наряду с целенаправленным производством многих металлических и оксидных наноматериалов, обладающих заданными свойствами (так называемые «инженерные» наночастицы), и их широким и разнообразным использованием в технике, науке и медицине с некоторыми старыми технологиями могут быть связаны еще более важные потенциальные риски для здоровья человека. Неинженерные (самопроизвольно возникающие) наночастицы оксида металла (далее – MeO-NЧ), образующиеся при дуговой сварке, металлургии стали и цветных металлов, загрязняют рабочее место и окружающий воздух вместе с субмикронными частицами тех же оксидов металлов размером > 100 нм. В частности, наиболее важными источниками побочного производства наночастиц оксида цинка являются первичная шлакка или переплавка латуни, представляющей собой сплав меди и цинка в различных пропорциях (иногда с гораздо меньшей примесью свинца, олова и других металлов). Обоснованием проведения исследования сравнительной и комбинированной токсичности наночастиц оксида цинка (далее – ZnO-NЧ) и наночастиц оксида меди (далее – CuO-NЧ) является их одновременное присутствие в аэрозольных выбросах, образующихся при металлургии латуни. Цель настоящего исследования – провести оценку комбинированной и сравнительной токсичности ZnO-NЧ и CuO-NЧ. Методы. Стабильные суспензии MeO-NЧ, полученные методом лазерной абляции из металлической пластинки (чистота 99,99 %) цинка и меди под слоем деионизированной воды, вводили внутривенно беспородным крысам-самцам 18 раз в течение 6 недель отдельно (в равных массовых дозах) или в комбинации для сравнительной оценки и анализа типа комбинированного действия изучаемых наночастиц по большому количеству признаков (включая фрагментацию ДНК). Результаты. Установлено, что, судя по некоторым прямым и косвенным свидетельствам, субхроническое воздействие ZnO-NЧ на организм является более опасным по сравнению с воздействием CuO-NЧ. Математическое описание результатов с помощью методологии поверхности отклика показало, что, как и в случае любых других ранее исследованных нами бинарных токсических комбинаций, реакция организма на одновременное воздействие исследуемых MeO-NЧ характеризовалась сложным взаимодействием различных видов комбинированной токсичности в зависимости от того, по какому эффекту она оценивалась, а также от уровней эффекта и доз. При анализе типа комбинированного действия ZnO-NЧ и CuO-NЧ по некоторым показателям состояния организма был выявлен антагонизм, а по другим показателям выявилась аддитивность, что заставляет оценивать их совместное воздействие как опасное.

**Ключевые слова:** эксперимент, наночастицы оксида цинка, наночастицы оксида меди, комбинированная токсичность. Для цитирования: Минигалиева И.А., Сутункова М.П., Кацнельсон Б.А., Привалова Л.И., Панов В.Г., Гурвич В.Б., Чернышов И.Н., Соловьева С.Н., Макеев О.Г., Бушуева Т.В. Оценка комбинированной и сравнительной токсичности наночастиц оксида цинка и оксида меди в эксперименте *in vivo* // Здоровье населения и среда обитания. 2021. № 6 (339). С. 34–40. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-339-6-34-40>

### Информация об авторах:

✉ Минигалиева Ильзира Амировна – д-р биол. наук, зав. отделом токсикологии и биофилактики ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора; e-mail: [ilzira-minigaliyeva@yandex.ru](mailto:ilzira-minigaliyeva@yandex.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1871-8593>.

Сутункова Марина Петровна – д-р мед. наук, директор ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора; e-mail: [sutunkova@ymrc.ru](mailto:sutunkova@ymrc.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1743-7642>.

Кацнельсон Борис Александрович – д-р мед. наук, профессор, научный консультант ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора; e-mail: [bkaznelson@ymrc.ru](mailto:bkaznelson@ymrc.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8750-9624>.

Привалова Лариса Ивановна – д-р мед. наук, профессор, зав. лабораторией научных основ биофилактики ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора; e-mail: [privalova@ymrc.ru](mailto:privalova@ymrc.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1442-6737>.

Панов Владимир Григорьевич – канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотр. лаборатории промышленной токсикологии ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора, ст. науч. сотр. лаборатории математического моделирования в экологии и медицине ИПЭ УрО РАН; e-mail: [panov.wladimir@yandex.ru](mailto:panov.wladimir@yandex.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6718-3217>.

Гурвич Владимир Борисович – д-р мед. наук, научный руководитель ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора; e-mail: [gurvich@ymrc.ru](mailto:gurvich@ymrc.ru); ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6475-7753>.

Чернышов Иван Николаевич – мл. науч. сотр. отдела токсикологии и биофилактики ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора; e-mail: [chernishov@ymrc.ru](mailto:chernishov@ymrc.ru); ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2018-5386>.

Соловьева Светлана Николаевна – заведующий клиникой экспериментальных животных ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора; e-mail: [solovyevasn@ymrc.ru](mailto:solovyevasn@ymrc.ru); ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8580-403X>.

Макеев Олег Германович – д-р мед. наук, профессор, зав. кафедрой медицинской биологии и генетики Уральского государственного медицинского университета; e-mail: [larim@mail.ru](mailto:larim@mail.ru); ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6819-3185>.

Бушуева Татьяна Викторовна – канд. мед. наук, заведующий НПО лабораторно-диагностических технологий ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора; e-mail: [bushueva@ymrc.ru](mailto:bushueva@ymrc.ru); ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5872-2001>.

## Assessment of Combined and Comparative Toxicity of Zinc Oxide and Copper Oxide Nanoparticles in the *In Vivo* Experiment

I.A. Minigaliyeva,<sup>1</sup> M.P. Sutunkova,<sup>1</sup> B.A. Katsnelson,<sup>1</sup> L.I. Privalova,<sup>1</sup> V.G. Panov,<sup>1,2</sup> V.B. Gurovich,<sup>1</sup> I.N. Chernyshov,<sup>1</sup> S.N. Solovyeva,<sup>1</sup> O.G. Makeyev,<sup>3</sup> T.V. Bushuyeva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, 30 Popov Street, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation

<sup>2</sup>Institute of Industrial Ecology of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 20 Sofia Kovalevskaya Street, Yekaterinburg, 620990, Russian Federation

<sup>3</sup>Ural State Medical University, 3 Repin Street, Yekaterinburg, 620028, Russian Federation

**Summary.** Introduction: Apart from the targeted production of many metal and oxide nanomaterials with desired properties (so-called engineered nanoparticles) and their wide and diverse use in engineering, science, and medicine, even more important potential health risks to human health may be associated with some old technologies. Non-engineered metal oxide nanoparticles

(MeO-NPs) generated spontaneously during arc welding, production of steel and non-ferrous metals, pollute the workplace and ambient air along with submicron particles ( $> 100$  nm) of the same metal oxides. The most important sources of by-production of zinc oxide nanoparticles include primary smelting or re-smelting of brass, an alloy of copper and zinc of various proportions (sometimes with a much lower amount of lead, tin, and other metals). The rationale of the study of the comparative and combined toxicity of zinc oxide nanoparticles (ZnO-NPs) and copper oxide nanoparticles (CuO-NPs) is their simultaneous presence in aerosol emissions from brass metallurgy. The *objective* of our study was to estimate the comparative and combined toxicity of ZnO-NPs and CuO-NPs. *Methods*: Stable suspensions of MeO-NPs obtained by laser ablation of 99.99 % pure zinc and copper under a layer of deionized water, were injected intraperitoneally 18 times during 6 weeks to outbred male rats separately (in equal mass doses) or in combination for a comparative assessment and analysis of the type of the combined exposure to the studied nanoparticles for a large number of signs (including DNA fragmentation). *Results*: We established that, judging by some direct and indirect evidence, the subchronic effect of ZnO-NPs on the body was more detrimental than that of CuO-NPs. The mathematical description of the results using the response surface method showed that, similar to other previously studied binary toxic combinations, the response of the body to the combined exposure to CuO and ZnO nanoparticles was characterized by a complex interaction of various types of combined toxicity, depending on the effect it was evaluated for, the levels of the effect and doses. When analyzing the type of the combined effect of ZnO-NPs and CuO-NPs, we observed both the antagonism and additivity according to some indicators of the state of the body, which makes us evaluate their combined exposure as dangerous.

**Keywords:** experiment, zinc oxide nanoparticles, copper oxide nanoparticles, combined toxicity.

**For citation:** Minigaliyeva IA, Sutunkova MP, Katsnelson BA, Privalova LI, Panov VG, Gurvich VB, Chernyshov IN, Solovyeva SN, Makeyev OG, Bushuyeva TV. Assessment of combined and comparative toxicity of zinc oxide and copper oxide nanoparticles in the *in vivo* experiment. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021; (6(339)):34-40. (In Russian). doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-339-6-34-40>

**Author information:**

✉ Ilzira A. **Minigaliyeva**, D.Biol.Sc., Head of the Department of Toxicology and Bioprophylaxis, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers of Rospotrebnadzor; e-mail: [ilzira-minigaliyeva@yandex.ru](mailto:ilzira-minigaliyeva@yandex.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1871-8593>.

Marina P. **Sutunkova**, MD, D.M.Sc., Director, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers of Rospotrebnadzor; e-mail: [marinasutunkova@yandex.ru](mailto:marinasutunkova@yandex.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1743-7642>.

Boris A. **Katsnelson**, MD, D.M.Sc., Professor, Research Adviser, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers of Rospotrebnadzor, e-mail: [bkaznelson@ymrc.ru](mailto:bkaznelson@ymrc.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8750-9624>.

Larisa I. **Privalova**, MD, D.M.Sc., Professor, Chief Research Scientist, Head of the Laboratory of Scientific Foundations of Biological Prophylaxis, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers of Rospotrebnadzor; e-mail: [privalovali@yahoo.com](mailto:privalovali@yahoo.com); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1442-6737>.

Vladimir G. **Panov**, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Senior Research Scientist, Department of Toxicology and Bioprophylaxis, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers of Rospotrebnadzor; Senior Research Scientist, Laboratory of Mathematical Modeling in Ecology and Medicine, Institute of Industrial Ecology of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; e-mail: [vpanov@ecko.uran.ru](mailto:vpanov@ecko.uran.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6718-3217>.

Vladimir B. **Gurvich**, D.M.Sc., Scientific Director, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers of Rospotrebnadzor; e-mail: [gurvich@ymrc.ru](mailto:gurvich@ymrc.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6475-7753>.

Ivan N. **Chernyshov**, Junior Research Scientist, Department of Toxicology and Bioprophylaxis, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers of Rospotrebnadzor; e-mail: [chernyshov@ymrc.ru](mailto:chernyshov@ymrc.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2018-5386>.

Svetlana N. **Solovyeva**, Head of the Experimental Animal Clinic, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers of Rospotrebnadzor; e-mail: [solovyevasn@ymrc.ru](mailto:solovyevasn@ymrc.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8580-403X>.

Oleg G. **Makeyev**, D.M.Sc., Professor, Head of the Department of Medical Biology and Genetics, Ural State Medical University; e-mail: [larim@mail.ru](mailto:larim@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6819-3185>.

Tatiana V. **Bushuyeva**, Candidate of Medical Sciences, Head of Scientific and Production Association of Laboratory and Diagnostic Technologies, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers of Rospotrebnadzor; e-mail: [bushuyeva@ymrc.ru](mailto:bushuyeva@ymrc.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5872-2001>.

**Введение.** Потенциальные риски для здоровья человека несут не только традиционные технологические процессы, но и стремительно развивающиеся новые, такие как производство металлических и оксидных наноматериалов, обладающих заданными свойствами (так называемые «инженерные» наночастицы), и их широкое и разнообразное использование в технике, науке и медицине.

Образующиеся при электродуговой сварке и металлургических производствах «инженерные», то есть самопроизвольно возникающие, MeO-NЧ загрязняют рабочее место и окружающий воздух вместе с субмикронными частицами тех же оксидов металлов размером  $> 100$  нм. В частности, наиболее важным источником загрязнения ZnO-NЧ и CuO NЧ является первичная плавка или переплавка латуни, представляющей собой сплав меди и цинка в различных пропорциях (иногда с гораздо меньшей примесью свинца, олова и других металлов).

**Цель** настоящего исследования – провести оценку комбинированной и сравнительной токсичности ZnO-NЧ и/или CuO-NЧ.

**Материал и методы:** суспензии MeO-NЧ получали методом лазерной абляции металли-

ческих мишеней (чистота 99,99 %) под слоем деионизированной воды [1].

Этот метод обеспечивал достаточно узкое распределение НЧ по размерам, и, хотя синглетные MeO-NЧ имеют тенденцию слипаться, образующиеся агрегаты обычно рыхлые и довольно мелкие (рис. 1 и 2). В то время как CuO-NЧ были практически сферическими со средним ( $\pm$ sd) диаметром  $24,5 \pm 4,8$  нм, ZnO-NЧ имели стержневидную форму с размерами  $83 \pm 20 \times 30 \pm 11$  нм. Стабильность суспензии характеризовалась высокой величиной дзета-потенциала, измеренного методом электрофоретического рассеяния света с помощью анализатора Zetasizer Nano ZS (Malvern, Великобритания).

Эксперименты проводились на беспородных белых крысах-самцах собственного разведения с начальной массой тела около 200 г, которые были подвергнуты в течение 6 недель 18 внутривенным инъекциям.

Каждая группа животных состояла из 12 крыс. Группе 1 вводили ZnO-NЧ в дозе 0,5 мг в 1,0 мл суспензии плюс 2,0 мл деионизированной воды.

Группе 2 вводили CuO-NЧ в дозе 0,5 мг в 1,0 мл суспензии плюс 2,0 мл деионизированной воды.

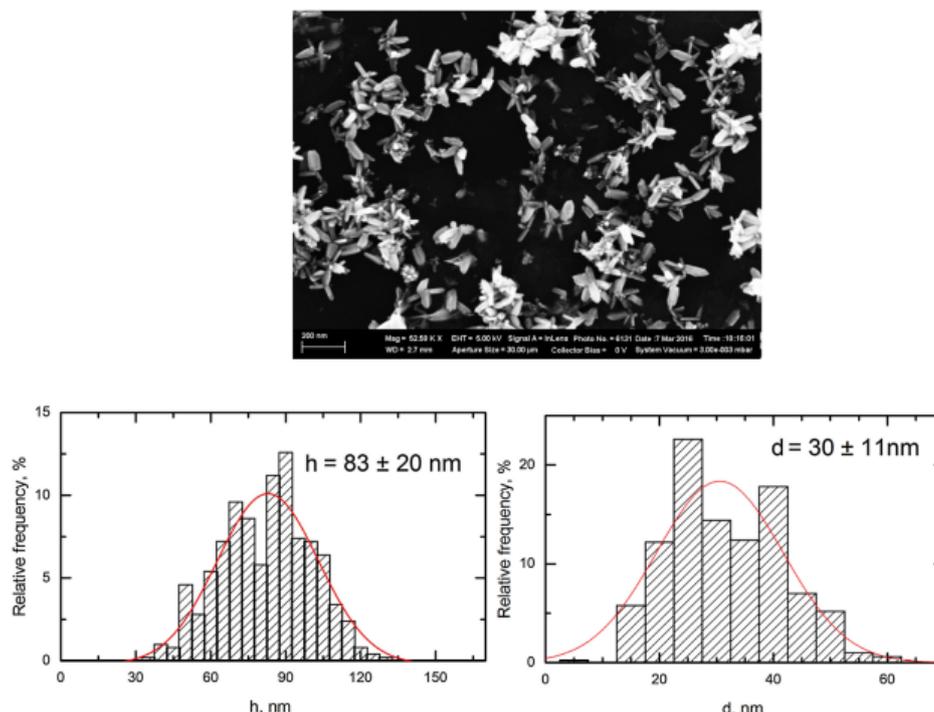


Рис. 1. Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ) изображений наночастиц ZnO, подготовленных для эксперимента (увеличение  $\times 52\,580$ ), и функции распределения частиц по размерам ( $h$  – высота,  $d$  – диаметр), полученные анализом СЭМ-изображений

Fig. 1. SEM images of ZnO nanoparticles made for the experiment (magnification  $\times 52,580$ ); particle size distribution functions ( $h$  – height,  $d$  – diameter) obtained by the analysis of SEM images

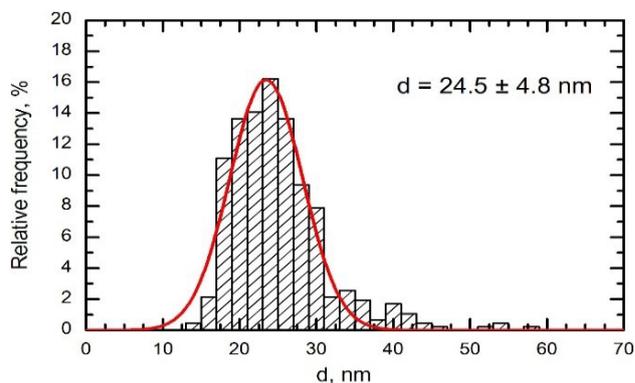
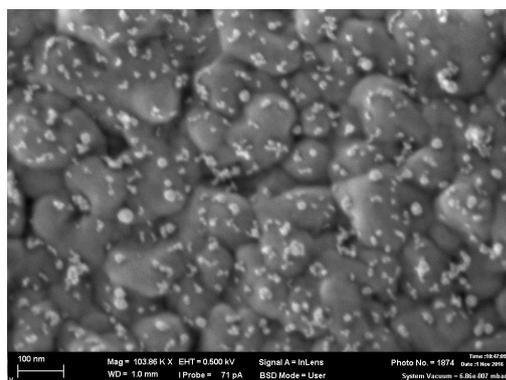


Рис. 2. Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ) изображений наночастиц CuO, подготовленных для эксперимента (увеличение  $\times 103\,860$ ), и функция распределения частиц по размерам, полученная анализом СЭМ-изображений

Fig. 2. SEM images of CuO nanoparticle made for the experiment (magnification  $\times 103,860$ ); the particle size distribution function obtained by the analysis of SEM images

Группе 3 вводили ZnO-НЧ + CuO-НЧ в дозе 0,5 мг на каждый MeO-НЧ в 1,0 мл соответствующей суспензии плюс 1,0 мл деионизированной воды.

Группе 4 (контроль) вводили 3,0 мл деионизированной воды.

Крыс содержали в обычных конвенциональных клетках, условия содержания и кормления соответствовали необходимым требованиям<sup>1,2</sup>. Эксперименты планировались и проводились в соответствии с международными принципами

исследований<sup>3</sup> и были одобрены Комитетом по биоэтике ФБУН «Екатеринбургский медицинский научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора (протокол № 59 от 18.01.2016).

После периода воздействия ZnO-НЧ и/или CuO-НЧ у всех животных определяли массу тела (% прироста массы тела), суммационно-пороговый показатель (СПП)<sup>4</sup>, «норковый рефлекс» (оценивался числом заглядываний в отверстия («норки») специальной испытательной доски

<sup>1</sup> СанПиН 2.2.1.3218–14 «Санитарно-эпидемиологические требования к устройству, оборудованию и содержанию экспериментально-биологических клиник (вивариев)». М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2015. 15 с.

<sup>2</sup> ГОСТ 33215–2014 «Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными. Правила оборудования помещений и организации процедур».

<sup>3</sup> «International guiding principles for biomedical research involving animals» разработанного «Council for International Organizations of Medical Sciences» и «International Council For Laboratory Animal Science» (2012).

<sup>4</sup> Елизарова О.Н. Пособие по токсикологии для лаборантов. М.: Медицина, 1974. С. 77.

за 3 минуты)<sup>5</sup>. Также осуществляли сбор суточной мочи для анализа ее плотности, диуреза и содержания копропорфирина, дельта-аминолевулиновой кислоты ( $\delta$ -АЛК), креатинина и соответствующих токсических элементов.

После умерщвления животных были получены массовые значения некоторых внутренних органов – печени, селезенки, почек и головного мозга. Биохимические показатели крови (общий белок в сыворотке крови, альбумин, глобулин, триглицериды, холестерин, билирубин, церулоплазмин, восстановленный глутатион, малонилдальдегид (МДА), щелочную фосфатазу, аланин- и аспараттрансминазы (АлАТ, АсАТ), каталазу, креатинин, пролактин, тестостерон, фолликулолестимулирующий, лютеинизирующий гормоны и др.) исследовали с помощью тест-систем. Для определения содержания гемоглобина, гематокрита, тромбоцита, среднего объема эритроцитов, а также количества эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов был использован гематологический анализатор МУТНИС-18. Долю ретикулоцитов подсчитывали по рутинной методике<sup>6</sup>. Цитохимическое определение активности сукцинатдегидрогеназы (СДГ) в лимфоцитах основывалось на восстановлении нитротетразолиевого фиолетового до формазана, количество гранул которого в клетке подсчитывали при иммерсионной микроскопии [2]. Фрагментацию геномной ДНК оценивали на ядерных клетках циркулирующей крови с помощью теста ПДАФ [3–5]. Всего было получено 53 показателя.

Содержание металлов в органах и моче определяли с помощью атомно-эмиссионной спектроскопии (АЭС).

Статистическую значимость различий между средними арифметическими значениями группы оценивали с помощью t-критерия Стьюдента с поправкой Бонферрони для множественных сравнений. Как и в большинстве проведенных нами ранее исследований по анализу закономерностей двухфакторной комбинированной токсичности, в этой работе также был использован метод построения поверхности отклика (the Response Surface Methodology – RSM).

Уравнение регрессии, описывающее функцию отклика  $Y(x_1, x_2)$ , в нашем случае имеет вид:

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2 \quad (1)$$

где  $Y$  – тот или иной показатель токсичности,  $x_1$  и  $x_2$  – дозы CuO-НЧ и ZnO-НЧ, соответственно. Постоянный член уравнения  $b_0$ , коэффициенты регрессии для каждой независимой переменной  $b_1$ ,  $b_2$  и коэффициент регрессии для их комбинации  $b_{12}$  подбирались по экспериментальным данным на основе того же критерия наименьшей суммы квадратов отклонений.

Принимается, что комбинированное действие двух факторов является однонаправленным, если ответ  $Y$  в обеих однофакторных функциях  $Y(x_1, 0)$  и  $Y(0, x_2)$  возрастает или снижается с увеличением  $x_1$  или  $x_2$ , и противоположно направленным, если  $Y$  в одной функции при

этом возрастает, а в другой снижается. Теория метода RSM показывает, что даже на основе эксперимента, в котором использовались только по два уровня каждого воздействия, уравнение (1) позволяет прогнозировать значение  $Y$  для любой комбинации  $x_1$  и  $x_2$  в пределах этих уровней [6].

**Результаты.** В табл. 1 представлены средние значения только статистически значимых функциональных показателей состояния организма крыс, исключая те показатели, по которым не было обнаружено статистически значимого отклонения экспонированных групп от контрольной в данном эксперименте. Принимая во внимание, что работа была сосредоточена на исследовании основных закономерностей сравнительной и комбинированной нанотоксичности, а не на характеристике токсичности специфических MeO-НЧ, этим результатам мы не уделяем особого внимания, тем более что в литературе имеется немало информации о токсичности ZnO-НЧ [7–15] и особенно о Cu- или CuO-НЧ [18–30].

Данные табл. 1 свидетельствуют, что 7 показателей общего состояния организма статистически значимо отличались от соответствующих контрольных значений у крыс, подвергшихся воздействию ZnO-НЧ, 10 – у подвергшихся воздействию CuO-НЧ, и 8 – у подвергшихся комбинированному воздействию. Только по пяти показателям выявлены статистически значимые различия между группами на MeO-НЧ при сравнении, а именно: доля ретикулоцитов, альбумин и креатинин в сыворотке крови, креатинин в моче, эндогенный клиренс креатинина; признак этих различий варьирует в зависимости от того или иного показателя. Принимая во внимание возможную стимулирующую эритропоэз роль добавок Zn [29], заметное увеличение ретикулоцитов (связанное с последовательными, хотя и не значимыми статистически, сдвигами количества эритроцитов, гематокрита и гемоглобина), наблюдаемое при воздействии только ZnO-НЧ, может быть гипотетически оценено как благоприятное, а не неблагоприятное.

Изоболограммы (рис. 3) иллюстрируют зависящее от исхода разнообразие комбинированной токсичности (ZnO-НЧ + CuO-НЧ).

Статистически значимое увеличение коэффициента фрагментации геномной ДНК в ядродержащих клетках крови наблюдалось как при изолированном, так и при комбинированном воздействии MeO-НЧ.

Как свидетельствуют данные, представленные в табл. 2, каждое изолированное субхроническое воздействие того или иного вида MeO-НЧ приводило к тому, что соответствующее содержание металлов в крови, моче и кале было существенно и статистически значимо выше контрольного значения.

В то же время, хотя концентрация меди в крови в ответ даже на один только ZnO-НЧ была на порядок ниже, чем при воздействии CuO-НЧ, тем не менее она была примерно в 3 раза (и статистически значимо) выше контрольного

<sup>5</sup> Методические рекомендации по использованию поведенческих реакций животных в токсикологических исследованиях для целей гигиенического нормирования. Кишинев, 1980. 47 с.

<sup>6</sup> Меньшиков В.В. Лабораторные методы исследования в клинике: Справочник. М.: Медицина, 1987. С. 368.

Таблица 1. Некоторые функциональные показатели состояния крыс после повторных инъекций суспензий наночастиц ZnO-НЧ и/или CuO-НЧ ( $\bar{X} \pm Sx$ )

Table 1. Some functional indicators of rats after repeated injections of ZnO-NPs and/or CuO-NPs ( $\bar{X} \pm Sx$ ) suspensions

Показатель / Indicator	Контроль / Control	ZnO-НЧ / ZnO-NPs	CuO-НЧ / CuO-NPs	ZnO + CuO NPs
Прирост массы тела в % / Body mass gain, %	34.10 ± 2.51	27.34 ± 2.34	26.63 ± 2.55*	21.99 ± 1.92*
Суммационно-пороговый показатель, сек. / Temporal summation of sub-threshold impulses, sec.	14.02 ± 1.28	17.33 ± 1.00	18.02 ± 0.72*	15.89 ± 1.23
Количество пересеченных квадратов за 3 мин. / Number of crossed squares during 3 min	15.75 ± 2.18	8.58 ± 1.18*	10.25 ± 1.94	6.17 ± 1.25*
Ретикулоциты, ‰ / Reticulocytes, ‰	11.5 ± 1.33	20.92 ± 1.86*	13.25 ± 1.60	31.67 ± 1.22*
Тромбоциты, 103/мкл / Thrombocytes, 103/ $\mu$ L	790.50 ± 53.19	909.00 ± 50.00	854.50 ± 34.64	976.50 ± 65.65*
Тромбоцитрит, % / Thrombocrit, %	0.49 ± 0.03	0.59 ± 0.03*	0.53 ± 0.02	0.63 ± 0.05*
Лимфоциты, % / Lymphocytes, %	75.13 ± 0.64	72.00 ± 0.33*	73.25 ± 1.33	74.50 ± 0.85
Активность сукцинатдегидрогеназы (СДГ), количество гранул формазана в 50 лимфоцитах / Succinate dehydrogenase (SDH) activity, number of formazane granules per 50 lymphocytes	703.67 ± 35.46	634.22 ± 29.06	582.89 ± 25.76*	601.50 ± 46.49
Альбумины в сыворотке крови, г/л / Serum albumin, g/L	43.18 ± 0.62	40.88 ± 1.10	37.43 ± 0.98*	42.33 ± 0.74
А/Г индекс / A/G index	1.47 ± 0.07	1.30 ± 0.08	1.18 ± 0.08*	1.53 ± 0.05
Креатинин в сыворотке крови, мкмоль/л / Serum creatinine, $\mu$ mol/L	31.93 ± 1.33	32.68 ± 0.98	37.25 ± 1.28*	31.79 ± 1.12
Щелочная фосфатаза в сыворотке крови, Е/л / Serum alkaline phosphatase, U/L	236.81 ± 25.2	158.35 ± 10.5*	159.28 ± 19.8*	163.49 ± 13.4*
Фолликулостимулирующий гормон в сыворотке крови, МЕ/л / Follicle-stimulating hormone in blood serum, IU/L	0.15 ± 0.01	0.18 ± 0.02	0.25 ± 0.03*	0.18 ± 0.04
Объем мочи, мл / Urine volume, mL	25.00 ± 4.10	44.86 ± 2.46*	40.00 ± 1.85*	42.57 ± 3.58*
Коэффициент фрагментации геномной ДНК в ядродержащих клетках крови / Nucleated blood cell DNA fragmentation coefficient	0.4240 ± 0.0005	0.4446 ± 0.0005*	0.4330 ± 0.0003*	0.4842 ± 0.0005*

Примечания: 1) Звездочкой (\*) отмечены значения, статистически значимо отличающиеся от соответствующих контрольных ( $p < 0,05$  по t-критерию Стьюдента).

2) Статистически значимыми ( $p < 0,05$  по t-критерию Стьюдента с поправкой Бонферрони) являются также различия между группами, подвергшимися воздействию к ZnO-НЧ против CuO-НЧ (по доле ретикулоцитов; альбумину и креатинину в сыворотке крови); к (ZnO-НЧ+CuO-НЧ) против ZnO-НЧ (по количеству лимфоцитов, доле ретикулоцитов).

Notes: 1) An asterisk \* indicates the values that are statistically and significantly different from the corresponding control values ( $p < 0.05$  according to Student's t-test)

2) Statistically significant differences ( $p < 0.05$  according to Student's t-test with Bonferroni correction) are also ones between the groups exposed to ZnO-NPs vs CuO-NPs (by the content of reticulocytes; albumin and creatinine in blood serum, creatinine in urine; to endogenous creatinine clearance); to (ZnO-NPs + CuO-NPs) vs ZnO-NPs (by the number of lymphocytes, the rate of reticulocytes, globulins and ceruloplasmin in blood serum).

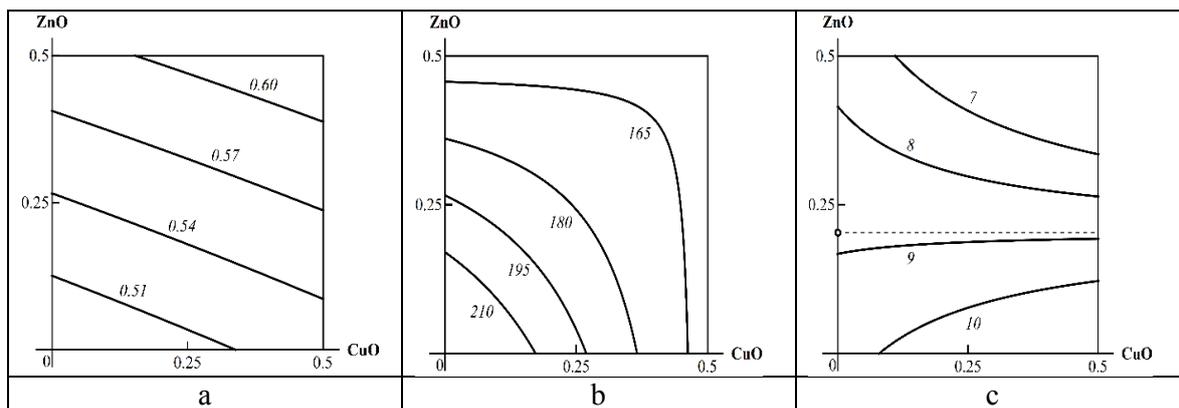


Рис. 3. Примеры изобол, характеризующих комбинированную субхроническую токсичность CuO-НЧ + ZnO-НЧ: а) для тромбоцитрит (аддитивность); б) для активности щелочной фосфатазы (ЩФ) в сыворотке крови (антагонизм); в) для тестостерона (синергизм однонаправленного действия при низких уровнях эффекта и противоположно направленного действия при высоких уровнях эффекта). Дозы CuO и ZnO приведены по осям в мг на крысу.

Число в строках изобол показывает величину эффекта Y (АФ в МЕ/л; тестостерон в нмоль/л)  
 Fig. 3. Examples of isoboles showing the combined subchronic toxicity of CuO-NPs+ZnO-NPs: a) for thrombocrit (additivity); b) for the activity of alkaline phosphatase (ALP) (antagonism); c) for testosterone (synergism of unidirectional action at low levels of effect and oppositely directed action at high levels of effect). The doses of CuO and ZnO are shown on the axes in mg per rat. The number in the isobol lines shows the magnitude of the effect Y (AF in IU/L; testosterone in nmol/L)

значения. Этот парадокс гипотетически может быть объяснен ослабленной элиминационной активностью токсически поврежденных органов экскреции (как для металлов, так и для почек, и в основном печени), гипотеза которой подтверждается сниженным содержанием меди в моче и особенно в кале. Однако уровень

цинка в крови повышался только в ответ на изолированные и комбинированные воздействия, включающие ZnO-НЧ. Мы не можем объяснить эту диссимметрию медно-цинковых токсикокинетических взаимодействий.

В нашем эксперименте массовые дозы двух MeO-НЧ были равны, что, по-видимому,

Таблица 2. Содержание меди и цинка в крови, моче и кале крыс после повторных внутрибрюшинных инъекций суспензий наночастиц CuO и/или ZnO ( $\bar{X} \pm S_x$ )Table 2. Copper and zinc contents in the blood, urine and feces of rats after repeated intraperitoneal injections of CuO and/or ZnO nanoparticle suspensions ( $\bar{X} \pm S_x$ )

Металл / Metal	Группы крыс, подвергшихся воздействию MeO-НЧ / Groups of rats exposed to MeO-NPs			
	Контроль / Control	CuO	ZnO	CuO + ZnO
В крови, мкг/мл / In blood, µg/mL				
Cu	0.038 ± 0.008	1.394 ± 0.077*	0.131 ± 0.006*	1.313 ± 0.065*
Zn	0 ± 0	0 ± 0	2.64 ± 0.121*	2.105 ± 0.069*
В моче, мкг/мл / In urine, µg/mL				
Cu	0.016 ± 0.002	0.034 ± 0.002*	0.011 ± 0.001*	0.036 ± 0.003*
Zn	0 ± 0	0.006 ± 0.002*	0.057 ± 0.003*	0.063 ± 0.002*
В кале, мкг/г / In feces, µg/g				
Cu	0.373 ± 0.099	10.642 ± 0.572*	0.129 ± 0.045*	10.667 ± 0.679*
Zn	0 ± 0	0 ± 0	65.02 ± 3.436*	54.236 ± 1.694*

Примечания: 1) Звездочкой (\*) отмечены значения, статистически значимо отличающиеся от соответствующих контрольных ( $p < 0,05$  по t-критерию Стьюдента с поправкой Бонферрони). 2) Статистически значимыми ( $p < 0,05$  по t-критерию Стьюдента с поправкой Бонферрони) являются также различия между группой, подвергшейся воздействию CuO-НЧ, и группой, подвергшейся воздействию ZnO-НЧ (по всем показателям, кроме равных нулю); между группой, подвергшейся воздействию бинарной комбинации (CuO + ZnO), и группой, подвергшейся воздействию ZnO-НЧ (по Cu в крови; Zn в крови; Cu в кале и Zn в кале).

Notes: 1) An asterisk \* indicates the values that are statistically and significantly different from the corresponding control ones ( $p < 0.05$  according to Student's t-test with Bonferroni correction). 2) Statistically significant differences ( $p < 0.05$  according to the Student's t-test with Bonferroni correction) are also the ones between the group exposed to CuO-NPs and the group exposed to ZnO-NPs (for all indicators except equal to zero); between the group exposed to the binary combination (CuO + ZnO) and the group exposed to ZnO-NPs (for Cu in blood; Zn in blood; Cu in feces and Zn in feces).

оправдывает сравнение их эффектов. Однако мы не можем быть уверены, что различия между этими эффектами были обусловлены только различной химической природой НЧ-составляющих металлов, поскольку эти MeO-НЧ заметно отличаются и по геометрии: если CuO-НЧ сферичные, то ZnO-НЧ стержневидные. Поскольку важнейшие первичные механизмы токсичности НЧ реализуются на поверхности частиц, то имеет смысл сравнивать дозы, использованные в данном эксперименте, не по массе, а по удельной поверхности. Простой расчет показал, что удельная поверхность (выраженная в  $1015 \text{ nm}^2/\text{mg}$ ) равна 38,5 для CuO-НЧ и 14,0 для ZnO-НЧ. Таким образом, при сравнении токсических эффектов ZnO-НЧ и CuO-НЧ, вводимых в равных массовых дозах, следует учитывать, что удельная поверхность первого значительно больше. Между тем, при сравнении этих эффектов не было заметной количественной разницы, и некоторые из них (например, связанные с метаболизмом порфирина, эритропоезом и др.) были, хотя и незначительно, еще более выражены при воздействии только ZnO-НЧ.

Следует отметить, проблема влияния формы и удельной поверхности наночастиц на проявления их токсических свойств безусловно важна и подлежит дальнейшему изучению.

Показана неоднозначная зависимость комбинированного типа токсичности для одной и той же пары токсикантов, включая MeO-НЧ, от эффекта, по которому оценивается этот вид, и от его уровня, обнаруженного в данном эксперименте, что полностью согласуется с результатами других наших исследований [1, 30–34]. Особо неблагоприятное значение имеет аддитивность показателя фрагментации геномной ДНК ZnO-НЧ и CuO-НЧ, которую мы наблюдали и в других экспериментах на животных (например, с  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  НЧ, действующими в различных бинарных и тройных комбинациях [1]).

Мы считаем теоретически интересным и практически важным, что, хотя именно

антагонизм цинка и меди как незаменимых микроэлементов, так и в более высоких токсичных дозах широко признан в литературе [35], доказана не столь однородная картина их совместного действия в виде наночастиц.

#### Выводы

Основные выводы из результатов этого исследования заключаются в следующем.

1. Судя по некоторым прямым и косвенным показателям, субхроническое воздействие наночастиц оксида цинка на организм более опасно по сравнению с воздействием наночастиц оксида меди.

2. Среди многочисленных неблагоприятных исходов комбинированного воздействия наночастиц увеличение коэффициента фрагментации геномной ДНК в эксперименте *in vivo* можно считать наиболее неблагоприятным, поскольку он является детерминантой вероятной генотоксичности.

3. Хотя антагонизм однонаправленного действия этих двух нанотоксикантов и даже их противонаправленное действие на одни показатели состояния организма оказались возможными, на другие – аддитивными, это заставляет оценивать их совместное воздействие как особо опасное.

**Информация о вкладе авторов:** И.А. Минигалиева – разработка дизайна исследования, написание текста рукописи; М.П. Сутункова – разработка дизайна исследования, анализ полученных данных; Б.А. Кацнельсон – разработка дизайна исследования, анализ полученных данных; Л.И. Привалова – разработка дизайна исследования; анализ полученных данных; В.Г. Панов – получение данных для анализа, анализ полученных данных; В.Б. Гурвич – разработка дизайна исследования; И.Н. Чернышов – получение данных для анализа, анализ полученных данных; С.Н. Соловьева – получение данных для анализа, анализ полученных данных; О.Г. Макеев – получение данных для анализа; Т.В. Бушуева – получение данных для анализа

**Финансирование:** исследование проводилось в рамках отраслевой программы «Гигиеническое научное обоснование минимизации рисков здоровью населения России» (2020–2016).

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Список литературы**  
(пп. 1, 3–37 см. References)

- Нарциссов Р.П. Применение п-нитротетразоли фиолетового для количественной цитохимии дегидрогеназ лимфоцитов человека // Архив анатомии, гистологии и эмбриологии. 1969. № 5. С. 85–91.

**References**

- Minigalieva IA, Katsnelson BA, Privalova LI, et al. Combined subchronic toxicity of aluminum (III), titanium (IV) and silicon (IV) oxide nanoparticles and its alleviation with a complex of bioprotectors. *Int J Mol Sci.* 2018;19(3):837. doi: 10.3390/ijms19030837
- Nartsissov RP. [Application of n-nitrotetrazole violet for quantitative cytochemistry of human lymphocyte dehydrogenases.] *Arkhiv Anatomii, Gistologii i Embriologii.* 1969;(5):85–91. (In Russian).
- Wang S, Ding M, Duan X, et al. Detection of the single nucleotide polymorphism at position rs2735940 in the human telomerase reverse transcriptase gene by the introduction of a new restriction enzyme site for the PCR-RFLP Assay. *Ann Clin Lab Sci.* 2017;47(5):546–550
- Sharifiyazdi H, Mirzaei A, Ghanaatian Z. Characterization of polymorphism in the FSH receptor gene and its impact on some reproductive indices in dairy cows. *Anim Reprod Sci.* 2018;188:45–50. doi: 10.1016/j.anireprosci.2017.11.006
- Ningombam SS, Chhungi V, Newmei MK, et al. Differential distribution and association of FTO rs9939609 gene polymorphism with obesity: A cross-sectional study among two tribal populations of India with East-Asian ancestry. *Gene.* 2018;647:198–204. doi: 10.1016/j.gene.2018.01.009
- Katsnelson BA, Minigaliyeva IA, Panov VG, et al. Some patterns of metallic nanoparticles' combined subchronic toxicity as exemplified by a combination of nickel and manganese oxide nanoparticles. *Food Chem Toxicol.* 2015;86:351–64. doi: 10.1016/j.fct.2015.11.012
- Wang B, Feng WY, Wang TC, et al. Acute toxicity of nano- and micro-scale zinc powder in healthy adult mice. *Toxicol Lett.* 2006;161(2):115–123. doi: 10.1016/j.toxlet.2005.08.007
- Cho WS, Duffin R, Howie S, et al. Progressive severe lung injury by zinc oxide nanoparticles; the role of Zn2+ dissolution inside lysosomes. *Part Fibre Toxicol.* 2011;8:27. doi: 10.1186/1743-8977-8-27
- Adamcakova-Dodd A, Stebounova LV, Kim JS, et al. Toxicity assessment of zinc oxide nanoparticles using sub-acute and sub-chronic murine inhalation models. *Part Fibre Toxicol.* 2014;11:15. doi: 10.1186/1743-8977-11-15
- Filippi C, Pryde A, Cowan P, et al. Toxicology of ZnO and TiO<sub>2</sub> nanoparticles on hepatocytes: impact on metabolism and bioenergetics. *Nanotoxicology.* 2015;9(1):126–34. doi: 10.3109/17435390.2014.895437
- Choi J, Kim H, Kim P, et al. Toxicity of zinc oxide nanoparticles in rats treated by two different routes: single intravenous injection and single oral administration. *J Toxicol Environ Health.* 2015;78(4):226–43. doi: 10.1080/15287394.2014.949949
- Jacobsen NR, Stoeger T, van den Brule S, et al. Acute and subacute pulmonary toxicity and mortality in mice after intratracheal instillation of ZnO nanoparticles in three laboratories. *Food Chem Toxicol.* 2015;85:84–95. doi: 10.1016/j.fct.2015.08.008
- Gao F, Ma N, Zhou H, et al. Zinc oxide nanoparticles-induced epigenetic change and G2/M arrest are associated with apoptosis in human epidermal keratinocytes. *Int J Nanomedicine.* 2016;11:3859–74. doi: 10.2147/IJN.S107021
- Wei Y, Li Y, Jia J, Jiang Y, et al. Aggravated hepatotoxicity occurs in aged mice but not in young mice after oral exposure to zinc oxide nanoparticles. *NanoImpact.* 2016;3–4:1–11. doi: 10.1016/j.impact.2016.09.003
- Ng CT, Yong LQ, Hande MP, et al. Zinc oxide nanoparticles exhibit cytotoxicity and genotoxicity through oxidative stress responses in human lung fibroblasts and *Drosophila melanogaster*. *Int J Nanomedicine.* 2017;12:1621–1637. doi: 10.2147/IJN.S124403
- Chen Z, Meng H, Xing G, et al. Acute toxicological effects of copper nanoparticles in vivo. *Toxicol Lett.* 2006;163(2):109–20. doi: 10.1016/j.toxlet.2005.10.003
- Karlsson H, Cronholm P, Gustafsson J, Möller L. Copper oxide nanoparticles are highly toxic: a comparison between metal oxide nanoparticles and carbon nanotubes. *Chem Res Toxicol.* 2008;21(9):1726–32. doi: 10.1021/tx800064j

- Studer AM, Limbach LK, Van Duc L, et al. Nanoparticle cytotoxicity depends on intracellular solubility: comparison of stabilized copper metal and degradable copper oxide nanoparticles. *Toxicol Lett.* 2010;197(3):169–74. doi: 10.1016/j.toxlet.2010.05.012
- Bondarenko O, Ivask A, Käkinen A, Kahru A. Sub-toxic effects of CuO nanoparticles on bacteria: kinetics, role of Cu ions and possible mechanisms of action. *Environ Pollut.* 2012;169:81–9. doi: 10.1016/j.envpol.2012.05.009
- Magaye R, Zhao J, Bowman L, Ding M. Genotoxicity and carcinogenicity of cobalt-, nickel- and copper-based nanoparticles. *Exp Ther Med.* 2012;4(4):551–561. doi: 10.3892/etm.2012.656
- Pang C, Selck H, Misra SK, et al. Effects of sediment-associated copper to the deposit-feeding snail, *Potamopyrgus antipodarum*: a comparison of Cu added in aqueous form or as nano- and micro-CuO particles. *Aquat Toxicol.* 2012;106–107:114–22. doi: 10.1016/j.aquatox.2011.10.005
- Akhtar MJ, Kumar S, Alhadlaq HA, Alrokayan SA, Abu-Salah KM, Ahamed M. Dose-dependent genotoxicity of copper oxide nanoparticles stimulated by reactive oxygen species in human lung epithelial cells. *Toxicol Ind Health.* 2013;32(5):809–21. doi: 10.1177/0748233713511512
- Alarifi S, Ali D, Verma A, Alakhtani S, Ali BA. Cytotoxicity and genotoxicity of copper oxide nanoparticles in human skin keratinocytes cells. *Int J Toxicol.* 2013;32(4):296–307. doi: 10.1177/1091581813487563
- Cuillet M, Chevallet M, Charbonnier P, et al. Interference of CuO nanoparticles with metal homeostasis in hepatocytes under sub-toxic conditions. *Nanoscale.* 2014;6(3):1707–15. doi: 10.1039/c3nr05041f
- Gomes T, Araújo O, Pereira R, Almeida AC, Cravo A, Bebianno MJ. Genotoxicity of copper oxide and silver nanoparticles in the mussel *Mytilus galloprovincialis*. *Mar Environ Res.* 2013;84:51–9. doi: 10.1016/j.marenvres.2012.11.009
- Xu J, Li Z, Xu P, Xiao L, Yang Z. Nanosized copper oxide induces apoptosis through oxidative stress in podocytes. *Arch Toxicol.* 2013;87(6):1067–73. doi: 10.1007/s00204-012-0925-0
- Privalova LI, Katsnelson BA, Loginova NV, et al. Some characteristics of free cell population in the airways of rats after intratracheal instillation of copper-containing nanoscale particles. *Int J Mol Sci.* 2014;15(11):21538–53. doi: 10.3390/ijms151121538
- Privalova LI, Katsnelson BA, Loginova NV, et al. Subchronic toxicity of copper oxide nanoparticles and its attenuation with the help of a combination of bioprotectors. *Int J Mol Sci.* 2014;15(7):12379–406. doi: 10.3390/ijms150712379
- Li Y, Zheng Y, Qian J, et al. Preventive effects of zinc against psychological stress-induced iron dyshomeostasis, erythropoiesis inhibition, and oxidative stress status in rats. *Biol Trace Elem Res.* 2012;147(1–3):285–91. doi: 10.1007/s12011-011-9319-z
- Varaksin AN, Katsnelson BA, Panov VG, et al. Some considerations concerning the theory of combined toxicity: a case study of subchronic experimental intoxication with cadmium and lead. *Food Chem Toxicol.* 2014;64:144–56. doi: 10.1016/j.fct.2013.11.024
- Panov VG, Katsnelson BA, Varaksin AN, et al. Further development of mathematical description for combined toxicity: A case study of lead-fluoride combination. *Toxicol Rep.* 2015;2:297–307. doi: 10.1016/j.toxrep.2015.02.002
- Katsnelson BA, Minigaliyeva IA, Panov VG, et al. Some patterns of metallic nanoparticles' combined subchronic toxicity as exemplified by a combination of nickel and manganese oxide nanoparticles. *Food Chem Toxicol.* 2015;86:351–64. doi: 10.1016/j.fct.2015.11.012
- Katsnelson BA, Tsepilov NA, Panov VG, et al. Applying theoretical premises of binary toxicity mathematical modeling to combined impacts of chemical plus physical agents (A case study of moderate subchronic exposures to fluoride and static magnetic field). *Food Chem Toxicol.* 2016;95:110–20. doi: 10.1016/j.fct.2016.06.024
- Minigalieva IA, Katsnelson BA, Panov VG, et al. Experimental study and mathematical modeling of toxic metals combined action as a scientific foundation for occupational and environmental health risk assessment. A summary of results obtained by the Ekaterinburg research team (Russia). *Toxicol Rep.* 2017;4:194–201. doi: 10.1016/j.toxrep.2017.04.002
- Bremner I, Beattie JH. Copper and zinc metabolism in health and disease: speciation and interactions. *Proc Nutr Soc.* 1995;54(2):489–99. doi: 10.1079/PNS19950017

© Батырова Г.А., Умарова Г.А., Умаров Е.А., Кудабаяева Х.И., Тлегенова Ж.Ш., Кононец В.И., Айтмаганбет П.Ж., 2021

УДК 616-036:611.781:661.65(574.1)

## Ассоциация содержания бора в волосах с показателями заболеваемости в борной геохимической провинции: поперечное исследование

Г.А. Батырова, Г.А. Умарова, Е.А. Умаров, Х.И. Кудабаяева,  
Ж.Ш. Тлегенова, В.И. Кононец, П.Ж. Айтмаганбет

НАО «Западно-Казахстанский медицинский университет имени Марата Оспанова»,  
ул. Маресьева, д. 68, Актобе, 030019, Республика Казахстан

**Резюме.** Введение. В Актыбинской области (Западный Казахстан) сформировалась устойчивая природно-техногенная борная геохимическая провинция, характеризующаяся повышенным содержанием в среде микроэлемента бора. Основным источником поступления бора в окружающую среду являются шламонакопители борнокислотного производства ныне разрушенного химического завода, построенные без противоточных экранов в бывших старицах реки Илек, а также в пойме реки на аллювиальных четвертичных песчано-гравийных отложениях, имеющих высокую проницаемость. Цель исследования: составить карту содержания бора в волосах жителей Актыбинской области (Западный Казахстан) и изучить его связь с показателями заболеваемости взрослого населения. Материалы и методы. В настоящее исследование вовлечены 340 человек в возрасте 18–60 лет, постоянно проживающие в Актыбинской области. Содержание бора в образцах волос оценивали с помощью масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой на спектрометре Nexion 300D (PerkinElmer Inc., США), оборудованном пробоотборником ESI SC-2 DX4 (Elemental Scientific Inc., USA). Карта была составлена с помощью кроссплатформенной геоинформационной системы QGIS (QGIS 3.18). Результаты. Карта борного статуса жителей региона визуальнo продемонстрировала неравномерное распределение содержания бора в волосах жителей области. Содержание бора в волосах значительно выше у мужчин, чем у женщин ( $p = 0,000$ ). Установлена прямая сильная корреляционная связь содержания бора с показателями заболеваемости, связанной с врожденными аномалиями и хромосомными нарушениями ( $r = 0,886$ ,  $p = 0,019$ ), болезнями мочеполовой системы ( $r = 0,829$ ,  $p = 0,042$ ), болезнями органов дыхания ( $r = 0,943$ ,  $p = 0,005$ ), болезнями органов пищеварения ( $r = 0,878$ ,  $p = 0,021$ ), болезнями крови, кроветворных органов и иммунной системы ( $r = 0,880$ ,  $p = 0,017$ ). Заключение. Составлена карта содержания бора в волосах жителей Актыбинской области (Западный Казахстан), визуальнo демонстрирующая неравномерное распределение борного статуса на изучаемой территории. Выявленные ассоциации содержания бора в волосах жителей борной геохимической провинции с показателями заболеваемости в регионе подтверждают предположение о том, что экологические особенности среды могут оказывать влияние на здоровье населения, что требует дальнейших глубоких исследований.

**Ключевые слова:** бор, борная провинция, заболеваемость населения, дисбаланс микроэлементов, карта, Западный Казахстан.

**Для цитирования:** Батырова Г.А., Умарова Г.А., Умаров Е.А., Кудабаяева Х.И., Тлегенова Ж.Ш., Кононец В.И., Айтмаганбет П.Ж. Ассоциация содержания бора в волосах с показателями заболеваемости в борной геохимической провинции: поперечное исследование // Здоровье населения и среда обитания. 2021. № 6 (339). С. 41–47. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-339-6-41-47>

### Информация об авторах:

✉ Батырова Гульнара Арыстангалиевна – PhD, руководитель кафедры клинической лабораторной и визуальной диагностики; e-mail: [batyrovagulnara77@gmail.com](mailto:batyrovagulnara77@gmail.com); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7970-4059>.

Умарова Гульмира Арыстангалиевна – м.м.н., преподаватель кафедры доказательной медицины и научного менеджмента; e-mail: [uga\\_80@mail.ru](mailto:uga_80@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7637-113X>.

Умаров Ескендир Арыстангалиевич – м.е.н., программист; e-mail: [ce\\_aquarius@mail.ru](mailto:ce_aquarius@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5661-4023>.

Кудабаяева Хатима Ильясовна – профессор кафедры внутренних болезней № 1; e-mail: [hatima\\_aktobe@mail.ru](mailto:hatima_aktobe@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5508-916X>.

Тлегенова Женисгуль Шимбулатовна – PhD, доцент кафедры внутренних болезней № 2; e-mail: [zhenisgultlegenova@yandex.kz](mailto:zhenisgultlegenova@yandex.kz); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3707-7365>; SPIN 8403-4695.

Кононец Виктория Ивановна – преподаватель кафедры ЕНД; e-mail: [micropaleontolog@yandex.kz](mailto:micropaleontolog@yandex.kz); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4666-6794>.

Айтмаганбет Перизат Жаксыбаевна – м.м.н., мл. науч. сотр. Научно-практического центра; e-mail: [piki.kz@mail.ru](mailto:piki.kz@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1958-0493>.

## The Association between Hair Levels of Boron and Disease Incidence in the Population of a Boron Geochemical Province: A Cross-Sectional Study

G.A. Batyrova, G.A. Umarova, Ye.A. Umarov, Kh.I. Kudabayeva, Zh.Sh. Tlegenova, V.I. Kononets, P.Zh. Aitmaganbet

West Kazakhstan Marat Ospanov Medical University, 68 Maresyev Street, Aktobe, 030019, Republic of Kazakhstan

**Summary.** Background: A stable natural and technogenic boron geochemical province characterized by high environmental levels of boron has formed in the Aktobe Region of West Kazakhstan. The main local source of boron is sludge collectors of the boric acid production of the now destroyed chemical plant, built without impervious screens in the former old channels of the Ilek River, as well as in the river floodplain on alluvial quaternary sand and gravel deposits with high permeability. The objective of the study was to map hair levels of boron in residents of the Aktobe Region and to establish their relationship with disease incidence of the adult population. Materials and methods: The study included 340 permanent residents of the Aktobe Region, Republic of Kazakhstan, aged 18–60. Hair boron levels were measured by inductively coupled plasma mass spectrometry using a Nexion 300D spectrometer (PerkinElmer Inc., USA) coupled with an ESI SC-2 DX4 sampler (Elemental Scientific Inc., USA). Mapping was performed using the QGIS cross-platform geographic information system (QGIS 3.18). Results: The map of the boron status of the study participants visually demonstrated the uneven distribution of hair boron concentrations in the inhabitants of the region. Hair levels of boron were significantly higher in men than in women ( $p = 0,000$ ). We established a strong direct correlation between hair levels of boron and the incidence of congenital anomalies and chromosomal abnormalities ( $r = 0,886$ ,  $p = 0,019$ ), diseases of the genitourinary system ( $r = 0,829$ ,  $p = 0,042$ ), respiratory diseases ( $r = 0,943$ ,  $p = 0,005$ ), diseases of the digestive system ( $r = 0,878$ ,  $p = 0,021$ ), diseases of the blood, hematopoietic organs and the immune system ( $r = 0,880$ ,  $p = 0,017$ ). Conclusion: The mapping of hair levels of boron in the residents of the Aktobe Region of West Kazakhstan gave a visual demonstration of the uneven distribution of environmental pollution with boron in the study area. The revealed relationships between boron concentrations in hair tissue and disease incidence in the boric geochemical province confirm the assumption that the ecological features of the environment can affect the health of the population, which requires further in-depth research.

**Keywords:** boron, boric province, population morbidity, imbalance of trace elements, map, West Kazakhstan.

**For citation:** Batyrova GA, Umarova GA, Umarov YeA, Kudabayeva KH, Tlegenova ZhSh, Kononets VI, Aitmaganbet PZh. The association between hair levels of boron and disease incidence in the population of a boron geochemical province: a cross-sectional study. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021; (6(339)):41–47. (In Russian). doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-339-6-41-47>

**Author information:**

✉ Gulnara A. **Batyrova**, PhD, Head of the Department of Clinical Laboratory and Visual Diagnostics, West Kazakhstan Marat Ospanov Medical University; e-mail: batyrovagulnara77@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7970-4059>.  
 Gulmira A. **Umarova**, M.Sc., Lecturer, Department of Evidence-Based Medicine and Scientific Management, West Kazakhstan Marat Ospanov Medical University; e-mail: uga\_80@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7637-113X>.  
 Yeskendir A. **Umarov**, M.Sc., programmer, West Kazakhstan Marat Ospanov Medical University; e-mail: ce\_aquarius@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5661-4023>.  
 Khatimya I. **Kudabayeva**, Professor, Department of Internal Medicine No. 1, West Kazakhstan Marat Ospanov Medical University; e-mail: hatima\_aktobe@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5508-916X>.  
 Zhenisgul Sh. **Tlegenova**, PhD, Associate Professor, Department of Internal Medicine No. 2, West Kazakhstan Marat Ospanov Medical University; e-mail: zhenisgultlegenova@yandex.kz; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3707-7365>.  
 Victoria I. **Kononets**, Lecturer, Department of Natural Sciences, West Kazakhstan Marat Ospanov Medical University; e-mail: micropaleontolog@yandex.kz; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4666-6794>.  
 Perizat Zh. **Aitmaganbet**, M.Sc., Junior Research Scientist, Scientific and Practical Center, West Kazakhstan Marat Ospanov Medical University; e-mail: piki.kz@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1958-0493>.

**Введение.** Здоровье населения, являясь мерой социально-экономического, культурного и индустриального развития страны, зависит от множества факторов, основным из которых является влияние окружающей среды [1]. Для нормальной жизнедеятельности и сохранения здоровья организму необходимы микроэлементы (МЭ) – жизненно важные компоненты, участвующие в реализации основных функций организма [2, 3]. Хроническое воздействие токсических концентраций МЭ повышает риск развития заболеваний и может привести ко вторичной недостаточности питания [4].

Актюбинская область Республики Казахстан представляет собой крупный промышленный регион, наибольшее развитие в котором получили горнодобывающая и химическая отрасли, а также черная металлургия. Негативное воздействие на окружающую среду в регионе оказывают предприятия по добыче и переработке хрома, нефти и газа. В области образовалась устойчивая природно-техногенная борно-хромовая геохимическая провинция, характеризующаяся повышенным содержанием в среде микроэлементов бора и хрома [5, 6].

Важнейшей экологической проблемой региона является загрязнение бором подземных вод долины трансграничной реки Илек [7]. Основным источником поступления бора в окружающую среду являются шламонакопители борнокислотного производства Актюбинского химического завода им. С.М. Кирова, построенные без противотрационных экранов в бывших старицах реки Илек, а также в пойме реки на аллювиальных четвертичных песчано-гравийных отложениях, имеющих высокую проницаемость<sup>1</sup>. Загрязнение окружающей среды бором началось в 1941 году с вводом в эксплуатацию химического завода по производству удобрений, который на протяжении более двадцати лет сбрасывал загрязненные промышленные сточные воды в реку Илек, а в 1964–1980 гг. осуществлял сброс загрязненных стоков в шламонакопители без противотрационного экрана<sup>2</sup>. В период перестройки (80-е годы XX века) завод перестал функционировать, в настоящее время он разрушен, но

отходы производства находятся на территории Актюбинской области. Работы по локализации объекта загрязнения бором ведутся медленно. По данным Комитета экологического регулирования и контроля МЭ РК, общая площадь распространения загрязненных бором подземных вод составляет на сегодняшний день 21,1 кв. км<sup>3</sup>.

Известно, что бор является условно-эссенциальным микроэлементом [8]. Он играет важную роль в некоторых биологических процессах, демонстрирует различные плеiotропные эффекты – от противовоспалительных и антиоксидантных до модуляции различных систем организма. Дефицит бора связан с нарушением иммунитета, остеопорозом и снижением когнитивных функций, в то время как высокий уровень оказывает токсическое действие, вызывая повреждение клеток у животных и человека [9]. Установлены эмбриотоксические свойства и репродуктивная токсичность соединений бора [10].

**Цель:** составить карту содержания бора в волосах жителей Актюбинской области (Западный Казахстан) и изучить его связь с показателями заболеваемости взрослого населения.

**Материалы и методы исследования.** Одномоментное поперечное исследование проводилось на территории Актюбинской области (Западный регион Республики Казахстан). Исследование одобрено Биоэтической комиссией (протокол № 5 от 13.05.2020). Анализ проведен в соответствии с принципами надлежащей клинической практики (Good Clinical Practice). Получено информированное согласие участников исследования.

Критерии исключения в исследовании: острые состояния, связанные с инфекционными, хирургическими и травматическими заболеваниями; хронические декомпенсированные соматические заболевания; наличие металлических имплантатов; потребление витаминно-минеральных добавок; беременность, лактация.

В настоящее исследование было вовлечено 340 участников в возрасте 18–60 лет, постоянно проживающих в Актюбинской области. Отбор для включения в исследование проводился

<sup>1</sup> Информация о состоянии экологии Актюбинской области и мерах, принимаемых по уменьшению загрязнения. Управление природных ресурсов и регулирования природопользования Актюбинской области. Доступно 10 апреля, 2021. <https://www.gov.kz/memleket/entities/aktobe-zher-paidalanuy/press/article/details/23736?lang=ru>

<sup>2</sup> Качество поверхностных вод на территории Республики Казахстан за 2013 год (обзор водного компонента информационного бюллетеня Министерства охраны окружающей среды, РГП «КАЗГИДРОМЕТ», Департамента экологического мониторинга «О состоянии окружающей среды Республики Казахстан за 2013 год») [http://www.sawater-info.net/water\\_quality\\_in\\_ca/files/water\\_quality\\_kz\\_2013\\_r.pdf](http://www.sawater-info.net/water_quality_in_ca/files/water_quality_kz_2013_r.pdf)

<sup>3</sup> Национальный доклад о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов Республики Казахстан за 2017 год. <http://ecogofond.kz/wp-content/uploads/2018/12/CA.D.199-Nacionalnyj-doklad-o-sostojanii-okruzhajushhej-sredy-i-ob-ispolzovanii-prirodnih-resursov-RK-za-2017-god.pdf>

методом случайной выборки в общественных местах, с учетом критериев исключения. В исследование включено 110 (32,4 %) мужчин и 230 (67,6 %) женщин. Средний возраст участников исследования составил  $44,60 \pm 12,24$  лет, рост –  $166,02 \pm 8,11$  см, вес –  $71,59 \pm 13,36$  кг, индекс массы тела (ИМТ) –  $25,98 \pm 4,56$ . Характеристика выборки представлена в табл. 1.

Оценка заболеваемости взрослого населения проводилась за 2019 год по официальным статистическим данным, представленными Республиканским центром электронного здравоохранения Министерства здравоохранения Республики Казахстан и медицинских организаций<sup>4</sup>. Заболеваемость была изучена по классам МКБ-10<sup>5</sup>. Расчет показателей заболеваемости проводился на 100 тыс. населения.

Пробы волос в количестве 0,1 г были взяты с затылочной области при помощи ножниц из нержавеющей стали. Содержание бора в полученных образцах волос оценивали с помощью масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой на спектрометре Nexion 300D (PerkinElmer Inc., США), оборудованном пробоотборником ESI SC-2 DX4 (Elemental Scientific Inc., USA). Калибровка системы проведена с использованием набора стандартов Universal Data Acquisition Standards Kit (PerkinElmer Inc., США). Внутренняя онлайн-стандартизация выполнялась с использованием раствора изотопа Иттрий-89, полученного из Yttrium (Y) Pure Single-Element Standard (PerkinElmer Inc., США). Стандартным образцом служил сертифицированный стандартный образец

волос человека GBW09101 «Human hair», выпущенный Шанхайским институтом ядерных исследований (Shanghai Institute of Nuclear Research, PR China).

Карта содержания бора в волосах жителей Актыубинской области составлена с помощью кроссплатформенной геоинформационной системы QGIS (QGIS 3.18). Векторные данные были взяты из открытых источников. Цветовое значение легенды обозначено по показателям медианы содержания бора в волосах ( $Me$  (мкг/г)).

Полученные данные обработаны с использованием программного обеспечения Statistica 10 (США). Распределение данных оценивали с помощью теста Шапиро – Уилка. Описательная статистика проведена с использованием медианы и интерквартильного размаха – 25-го и 75-го перцентиля ( $Me$  (25–75)). Для групповых сравнений использовался тест Манна – Уитни. Для корреляционного анализа использовался коэффициент ранговой корреляции Спирмена. Уровень значимости определен как  $p < 0,05$ .

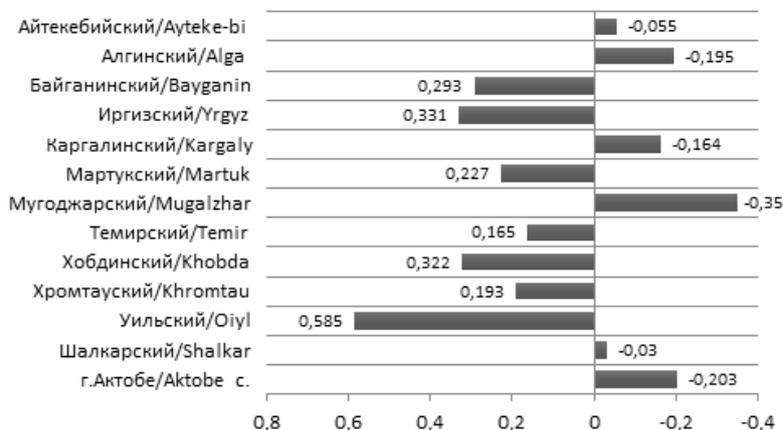
**Результаты.** Содержание бора в волосах ( $Me$  (q25–q75)) жителей Актыубинской области составило 1,271 (0,847–1,932) мкг/г.

Детальный анализ значений содержания бора в волосах жителей по районам Актыубинской области показал неоднородность полученных данных. В подавляющем большинстве районов содержание бора в волосах превысило показатель среднего значения по области (рис. 1).

Наиболее высокая концентрация бора в волосах определена у жителей Уильского района 1,856 (1,268–3,015) мкг/г. Несмотря на

Таблица 1. Характеристика обследованной выборки Актыубинской области (Западный Казахстан)  
Table 1. Characteristics of the surveyed sample of the Aktobe Region (West Kazakhstan)

Пол / Gender	Возраст, лет / Age, years	Рост, см / Height, cm	Вес, кг / Weight, kg	ИМТ, кг/м <sup>2</sup> / BMI, kg/m <sup>2</sup>
	M ± SD	M ± SD	M ± SD	M ± SD
Мужчины / Men (n = 110)	40,75 ± 14,15	172,69 ± 7,02	78,07 ± 13,56	26,19 ± 4,30
Женщины / Women (n = 230)	46,44 ± 10,76	162,83 ± 6,51	68,49 ± 12,13	25,88 ± 4,68



Примечания: значения данных по отношению к среднему по региону.  
Note: data values are relative to the regional average

Рис. 1. Разница в содержании бора (мкг/г) в волосах жителей районов по отношению к среднему в регионе  
Fig. 1. The difference between hair levels of boron (μg/g) in the inhabitants of various districts and the regional average

<sup>4</sup> Форма № 12 «Отчет о числе заболеваний, зарегистрированных у больных, проживающих в районе обслуживания медицинской организации, и контингентах больных, состоящих под диспансерным наблюдением».

<sup>5</sup> Международная классификация болезней (МКБ-10) <https://mkb-10.com/>

локализацию борсодержащих отходов производства на территории Алгинского района, загрязнение ими реки Илек, которая используется в водном хозяйстве города Актобе, содержание бора у населения Алгинского района составило 1,076 (0,619–1,295) мкг/г. В волосах жителей города Актобе содержание бора определялось в концентрации 1,068 (0,586–1,566) мкг/г, что сравнительно ниже, чем в других районах области. Данный факт требует дальнейших глубоких исследований.

В пределах области содержание бора в волосах жителей неоднородно и составляет в Байганинском районе 1,564 (1,236–2,301) мкг/г, в Иргизском 1,602 (0,835–2,328) мкг/г, Мартукском 1,498 (1,256–2,375) мкг/г, Хобдинском 1,593 (0,741–2,015) мкг/г. В Темирском районе содержание бора в волосах составляет 1,436 (1,057–1,920) мкг/г, в Хромтауском

1,464 (0,985–2,136) мкг/г, в Айтекебийском 1,216 (0,903–1,957) мкг/г, в Шалкарском 1,241 (0,789–1,599) мкг/г, в Каргалинском 1,107 (0,918–1,572) мкг/г, Мугоджарском 0,921 (0,527–1,419) мкг/г.

По результатам анализа борного статуса жителей региона была составлена карта содержания бора в волосах, которая визуальнo продемонстрировала его неравномерное распределение в пределах области (рис. 2).

Анализ полученных данных с учетом половой принадлежности обследуемых выявил различия по содержанию бора в волосах между мужчинами и женщинами. При сравнительном анализе содержания бора в группах мужчин и женщин наблюдается статистически значимая разница. Содержание бора в волосах значительно выше у мужчин ( $p = 0,000$ ) (рис. 3). Наиболее значимая разница по содержанию бора между

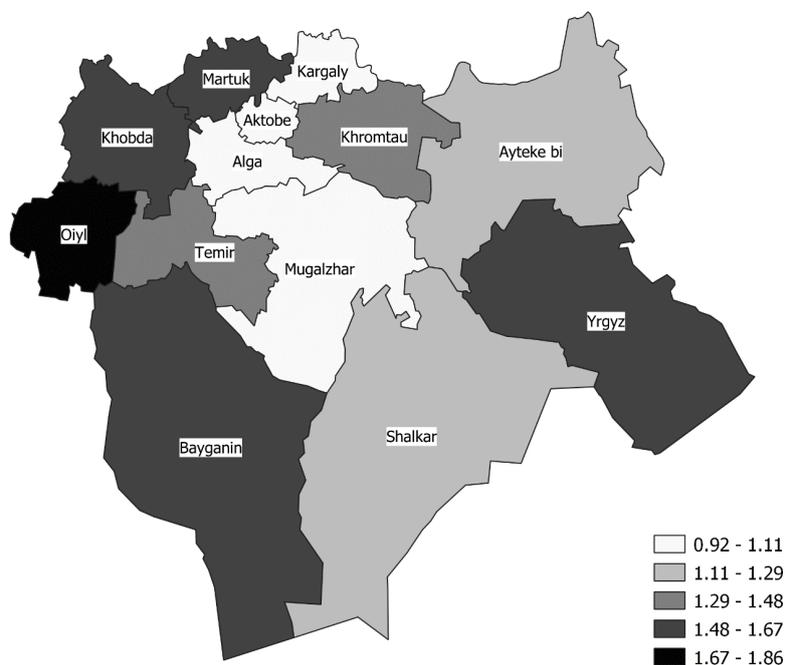


Рис. 2. Карта содержания бора в волосах жителей Актюбинской области (Западный Казахстан)  
Fig. 2. The map of hair concentrations of boron ( $\mu\text{g/g}$ ) in residents of the Aktobe Region, West Kazakhstan

Возраст/age	Мужчины/Male	Женщины/Female
18-25 лет	1,430	0,994
	$p=0.000$	
26-35 лет	1,969	1,319
	$p=0.000$	
36-45 лет	1,856	1,156
	$p=0.000$	
46-55 лет	2,784	1,235
	$p=0.000$	
56-60 лет	2,774	1,272
	$p=0.000$	
Всего	1,905	1,062
	$p=0.000$	

Примечания:  $p$  – уровень значимости различий с помощью критерия Манна – Уитни U.  
Note:  $p$  – statistical significance of differences (Mann-Whitney U-test)

Рис. 3. Содержание бора в волосах жителей Актюбинской области (Западный Казахстан) с учетом пола и возраста, Ме (мкг/г)

Fig. 3. Hair concentrations of boron ( $\mu\text{g/g}$ ) in residents of the Aktobe Region, West Kazakhstan, by gender and age

мужчинами и женщинами выявлена в возрастных категориях 46–55 лет и 56–60 лет.

Корреляционный анализ показал слабую положительную связь содержания бора в волосах с ИМТ ( $r = 0,293$ ,  $p = 0,000$ ), среднюю отрицательную связь с полом ( $r = -0,449$ ,  $p = 0,000$ ), однако корреляция с возрастом не является статистически значимой ( $r = 0,050$ ,  $p = 0,356$ ).

Установлена прямая сильная корреляционная связь содержания бора в волосах с заболеваемостью, связанной с врожденными аномалиями и хромосомными нарушениями ( $r = 0,886$ ,  $p = 0,019$ ), болезнями мочеполовой системы ( $r = 0,829$ ,  $p = 0,042$ ), болезнями органов дыхания ( $r = 0,943$ ,  $p = 0,005$ ), болезнями органов пищеварения ( $r = 0,878$ ,  $p = 0,021$ ), болезнями крови, кроветворных органов и иммунной системы ( $r = 0,880$ ,  $p = 0,017$ ).

**Обсуждение.** Нами выявлена разница между содержанием бора в волосах у мужчин 1,905 (1,330–2,899) мкг/г и женщин 1,062 (0,636–1,477) мкг/г всех возрастов. Уровень бора у мужчин значительно выше, чем у женщин ( $p = 0,000$ ). Наши данные согласуются с данными Prejac J. et al. (2018), согласно которым у 727 практически здоровых субъектов референтный диапазон концентрации бора в волосах для мужчин был значительно выше, чем для женщин [11].

Известно, что бор является биоактивным элементом, оказывающим влияние на рост костей и функции центральной нервной системы, он способствует действию стероидных гормонов и гормонов щитовидной железы и положительно связан со снижением риска некоторых типов рака. Бор участвует во многих биохимических процессах за счет образования борных эфиров в биомолекулах, содержащих цис-гидроксильные группы (S-аденозилметионин, диаденозинфосфаты и НАД), а также может образовывать борозфирные комплексы с фосфоинозитидами, гликопротеинами и гликолипидами, влияющими на целостность и функции клеточной мембраны [12].

Низкое потребление бора приводит к ухудшению состояния костной ткани, снижению когнитивных функций и иммунного ответа

[13]. В то же время высокие токсические дозы оказывают неблагоприятное действие на здоровье человека [14]. Исследования, проведенные нами ранее в Западном регионе Республики Казахстан, показали повышение содержания бора в волосах у детей с увеличенным объемом щитовидной железы [15, 16].

Мы выявили прямую сильную корреляционную связь содержания бора с показателями заболеваемости, связанной с врожденными аномалиями и хромосомными нарушениями ( $r = 0,886$ ,  $p = 0,019$ ) и с болезнями мочеполовой системы ( $r = 0,829$ ,  $p = 0,042$ ). Многочисленными исследованиями установлено токсическое воздействие бора на эмбриональное развитие и репродуктивную функцию [17, 18]. В экспериментальных исследованиях на животных подтверждено негативное воздействие избытка бора на развитие плода, приводящее к уменьшению размеров плода, повышению внутриутробной смертности, аномалиям ЦНС, сердечно-сосудистой системы и органов иммунной системы [19, 20].

Поступление повышенных доз бора с питьевой водой у беременных приводило к уменьшению длины тела ребенка при рождении: концентрация бора в сыворотке выше 80 мкг/л была обратно пропорциональна длине тела при рождении. Концентрация бора в сыворотке крови была самой высокой при воздействии бора в третьем триместре беременности, при этом увеличение концентрации бора в сыворотке крови на 100 мкг/л соответствовало рождению детей на 0,9 см короче и на 120 г легче [21].

Кроме того, повышенное содержание бора в окружающей среде во время беременности может оказать отрицательное влияние на рост ребенка в раннем младенчестве [22].

В то же время результаты проведенного в Турции поперечного исследования влияния бора на мужскую репродуктивную функцию у рабочих ( $n = 212$ ) показали, что изменений характеристик спермы, концентрации ФСГ, ЛГ и общего тестостерона не наблюдалось даже в группе экстремального воздействия бора. Авторы пришли к выводу об отсутствии воздействия неорганических соединений бора на репродуктивные эффекты у мужчин [23].

Таблица 2. Взаимосвязь содержания бора в волосах с показателями заболеваемости по классам заболеваний  
Table 2. Correlation between hair levels of boron and incidence rates by disease classes

	Заболеваемость / Incidence	r	p
1	Новообразования / Neoplasms	-0,086	0,872
2	Болезни крови, кроветворных органов и иммунной системы / Diseases of the blood, hematopoietic organs and the immune system	0,880	0,017*
3	Болезни эндокринной системы и нарушения обмена веществ / Diseases of the endocrine system and metabolic disorders	0,371	0,468
4	Болезни нервной системы / Diseases of the nervous system	0,714	0,111
5	Болезни костно-мышечной системы / Diseases of the musculoskeletal system	0,657	0,156
6	Болезни органов дыхания / Diseases of the respiratory system	0,943	0,005*
7	Болезни органов пищеварения / Diseases of the digestive system	0,878	0,021*
8	Болезни системы кровообращения / Diseases of the circulatory system	0,714	0,111
9	Болезни мочеполовой системы / Diseases of the genitourinary system	0,829	0,042*
10	Врожденные аномалии и хромосомные нарушения / Congenital anomalies and chromosomal abnormalities	0,886	0,019*

\* $p < 0,05$

Также не установлены генотоксические эффекты бора: при сравнении поврежденных ДНК в лимфоцитах и буккальных клетках не выявлено различий между группами женщин, живущих в районах с высоким и низким его содержанием в окружающей среде [24]. Для исследования канцерогенной токсичности бора *in vitro* использовали эпителиальные клетки легких человека BEAS-2B и опухолевые клетки A549. Клеточный рост, не зависящий от закрепления, признак злокачественной трансформации, усиливался бором в концентрациях 50, 250 и 500 мкМ в клетках BEAS-2B, хотя такие же концентрации бора не влияли на независимый от закрепления рост клеток A549 [25].

Установлена корреляция содержания бора в пище с заболеваниями пищеварительной и иммунной систем. В исследованиях на животных показано, что различные дозы бора влияют на микроструктуру двенадцатиперстной кишки у крыс, экспрессию секреторного иммуноглобулина А (SIgA) и белка плотных контактов, пролиферацию клеток и апоптоз. Результаты исследования Liu et al. показали, что добавка 40 и 80 мг/л бора может улучшить структуру и функцию двенадцатиперстной кишки, в то время как добавка токсической дозы (320–640 мг/л) оказывает значительный ингибирующий и негативный эффект [26].

В регионе производства борной кислоты и боратов (Турция) оценивалось влияние бора на антиоксидантные/прооксидантные и воспалительные параметры обследованных жителей. Было установлено, что продолжительная борная экспозиция не повышает уровень биомаркеров окислительного стресса и воспаления у женщин и мужчин, подвергшихся влиянию бора из окружающей среды и при профессиональном воздействии [27].

#### Выводы

1. Представленная карта содержания бора в волосах жителей Актыубинской области (Западный Казахстан) демонстрирует неравномерное распределение борного статуса на изучаемой территории.

2. Содержание бора в волосах значительно выше у мужчин, чем у женщин ( $p = 0,000$ ).

3. Выявлена прямая сильная корреляционная связь содержания бора в волосах с показателями заболеваемости, связанной с врожденными аномалиями и хромосомными нарушениями ( $r = 0,886$ ,  $p = 0,019$ ), показателями заболеваемости мочеполовой системы ( $r = 0,829$ ,  $p = 0,042$ ), органов дыхания ( $r = 0,943$ ,  $p = 0,005$ ), органов пищеварения ( $r = 0,886$ ,  $p = 0,019$ ), крови, кроветворных органов и иммунной системы ( $r = 0,886$ ,  $p = 0,019$ ).

Выявленные ассоциации содержания бора в волосах жителей борной геохимической провинции с показателями заболеваемости в регионе подтверждают предположение о влиянии экологических особенностей среды на здоровье населения, что требует проведения дальнейших углубленных исследований в данном направлении.

**Информация о вкладе авторов:** Г.А. Батырова – концепция и дизайн исследования; Г.А. Умарова, П.Ж. Айтмаганбет, Ж.Ш. Тлегенова, В.И. Кононец, Е.А. Умаров – сбор и обработка материала; Е.А. Умаров

– программное обеспечение, визуализация, разработка карт; Г.А. Батырова, Г.А. Умарова – написание текста; Х.И. Кудобаева, Г.А. Батырова – обзор публикаций по теме; Х.И. Кудобаева – редактирование

**Финансирование:** работа выполнена в рамках научного проекта с грантовым финансированием Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан «Разработка онлайн-атласа «Элементный статус населения Западного региона Республики Казахстан»» (ИРН AP08855535).

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Протокол исследования одобрен Биоэтической комиссией – заключение № 5 от 13.05.2020 г.**

**Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании.**

#### Список литературы (пп. 2–4, 6, 9–27 см. References)

1. Мамырбаев А.А., Умарова Г.А. Современные аспекты состояния общественного здоровья (обзор литературы) // *Georgian Medical News*. 2016. № 5 (254). С. 61–67.
5. Бекмухамбетов Е.Ж., Мамырбаев А.А., Джаркенов Т.А. Медико-экологические аспекты трансграничного сотрудничества в Уральском водном бассейне // *Медицинский журнал Западного Казахстана*. 2012. № 1 (33). С. 3–5.
7. Яковлева Н.А., Франковская Н.М., Лимешкина Е.С., Богомазова О.А., Альмурзаева С.И. Комплексная эколого-гигиеническая оценка территории промышленной площадки бывшего Актыубинского химического завода (г. Алга). 2016. Доступно 10 апреля, 2021. [https://ecoservice.kz/publications/kompleksnaja\\_jekologo-gigienicheskaja\\_ocenka/](https://ecoservice.kz/publications/kompleksnaja_jekologo-gigienicheskaja_ocenka/)
8. Скальный А.В., Грабеклис А.Р., Скальная М.Г., Тармаева И.Ю., Киричук А.А., Ракитский В.Н., Рахманин Ю.А., ред. *Химические элементы в гигиене и медицине окружающей среды*. М.: РУДН, 2019. 339 с.

#### References

1. Mamyrbayev A, Umarova G. Modern issues of public health: the review. *Georgian Med News*. 2016;(5(254)):61–67. (In Russian). PMID: 27348170
2. Zembrani B, Bines JE. Recent insights into trace element deficiencies: causes, recognition and correction. *Curr Opin Gastroenterol*. 2020;36(2):110–117. doi: 10.1097/MOG.0000000000000612
3. Zhang Y. Trace elements and healthcare: A bioinformatics perspective. *Adv Exp Med Biol*. 2017;1005:63–98. doi: 10.1007/978-981-10-5717-5\_4
4. Frazzoli C, Bocca B, Mantovani A. The one health perspective in trace elements biomonitoring. *J Toxicol Environ Health B Crit Rev*. 2015;18(7–8):344–370. doi: 10.1080/10937404.2015.1085473
5. Bekmukhambetov EZh, Mamyrbayev AA, Dzharckenov TA. Health environmental aspects of the cross-border cooperation in the water basin Ural. *Meditinskiy Zhurnal Zapadnogo Kazakhstana*. 2012;(1(33)):3–5. (In Russian).
6. Bekmukhambetov Y, Mamyrbayev A, Jarkenov T, et al. Interdisciplinary approaches to assessing the health of people living in environmentally adverse conditions. *Iran J Public Health*. 2019;48(9):1627–1635.
7. Yakovleva NA, Frankovskaya NM, Limeshkina ES, Bogomazova OA, Almurzaeva SI. The complex ecological and hygienic assessment of the territory of the industrial zone of the former Aktyubinsk Chemical Plant (in Alga). 2016. (In Russian). Accessed on April 10, 2021. [https://ecoservice.kz/publications/kompleksnaja\\_jekologo-gigienicheskaja\\_ocenka/](https://ecoservice.kz/publications/kompleksnaja_jekologo-gigienicheskaja_ocenka/)
8. Skalny AV, Grabeklis AR, Skal'naya MG, Tarmaeva IYu, Kirichuk AA; Rakitskiy VN, Rakhmanin YuA, eds. [Chemical Elements in Environmental Hygiene and Medicine.] Moscow: RUDN, 2019. (In Russian).

9. Abdelnour SA, Abd El-Hack ME, Swelum AA, Perillo A, Losacco C. The vital roles of boron in animal health and production: A comprehensive review. *J Trace Elem Med Biol.* 2018;50:296–304. doi: 10.1016/j.jtemb.2018.07.018
10. IPCS (International Programme on Chemical Safety). Environmental Health Criteria 204. Boron. Geneva, WHO. 1998. Accessed on April 10, 2021. [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42046/9241572043\\_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42046/9241572043_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
11. Prejac J, Skalny AA, Grabeklis AR, Uzun S, Mimica N, Momčilović B. Assessing the boron nutritional status by analyzing its cumulative frequency distribution in the hair and whole blood. *J Trace Elem Med Biol.* 2018;45:50–56. doi: 10.1016/j.jtemb.2017.09.018
12. Nielsen FH. Update on human health effects of boron. *J Trace Elem Med Biol.* 2014;28(4):383–7. doi: 10.1016/j.jtemb.2014.06.023
13. Nielsen FH. Is boron nutritionally relevant? *Nutr Rev.* 2008;66(4):183–91. doi: 10.1111/j.1753-4887.2008.00023.x
14. Hadrup N, Frederiksen M, Sharma AK. Toxicity of boric acid, borax and other boron containing compounds: A review. *Regul Toxicol Pharmacol.* 2021;121:104873. doi: 10.1016/j.yrtph.2021.104873
15. Kudabayeva K, Batyrova G, Bazargaliyev Y, Agzamova R, Nuftieva A. Microelement status in children with enlarged thyroid gland in West Kazakhstan region. *Georgian Medical News.* 2017;(2(263)):64–71.
16. Kudabayeva KI, Batyrova GA, Bazargaliyev YSh, Baspakova AM, Sakhanova SK. Hair trace element composition in 6- to 12-year-old children with goiter in West Kazakhstan, a province of the Republic of Kazakhstan. *J Elem.* 2018;23(2):647–657. doi: 10.5601/jelem.2017.22.3.1369
17. Bolt HM, Başaran N, Duydu Y. Effects of boron compounds on human reproduction. *Arch Toxicol.* 2020;94(3):717–724. doi: 10.1007/s00204-020-02700-x
18. Fail PA, Chapin RE, Price CJ, Heindel JJ. General, reproductive, developmental, and endocrine toxicity of boronated compounds. *Reprod Toxicol.* 1998;12(1):1–18. doi: 10.1016/s0890-6238(97)00095-6
19. Khaliq H, Juming Z, Ke-Mei P. The physiological role of boron on health. *Biol Trace Elem Res.* 2018;186(1):31–51. doi: 10.1007/s12011-018-1284-3
20. Iztleuov M, Mamyrbayev A, Yeleuov G, Jarkenov T, Iztleuov Y, Yeleuov A. Impact of chromium and boron compounds on the reproductive function in rats. *Toxicol Ind Health.* 2018;34(6):365–374. doi: 10.1177/0748233718759162
21. Igra AM, Harari F, Lu Y, Casimiro E, Vahter M. Boron exposure through drinking water during pregnancy and birth size. *Environ Int.* 2016;95:54–60. doi: 10.1016/j.envint.2016.07.017
22. Hjelm C, Harari F, Vahter M. Pre- and postnatal environmental boron exposure and infant growth: Results from a mother-child cohort in northern Argentina. *Environ Res.* 2019;171:60–68. doi: 10.1016/j.envres.2019.01.012
23. Duydu Y, Başaran N, Aydin S, et al. Evaluation of FSH, LH, testosterone levels and semen parameters in male boron workers under extreme exposure conditions. *Arch Toxicol.* 2018;92(10):3051–3059. doi: 10.1007/s00204-018-2296-7
24. Başaran N, Duydu Y, Üstündağ A, et al. Environmental boron exposure does not induce DNA damage in lymphocytes and buccal cells of females: DNA damage in lymphocytes and buccal cells of boron exposed females. *J Trace Elem Med Biol.* 2019;53:150–153. doi: 10.1016/j.jtemb.2019.03.004
25. Xu H, Hashimoto K, Maeda M, et al. High levels of boron promote anchorage-independent growth of nontumorigenic cells. *Environ Pollut.* 2020;266(Pt 3):115094. doi: 10.1016/j.envpol.2020.115094
26. Liu T, Wang C, Wu X, et al. Effect of boron on microstructure, immune function, expression of tight junction protein, cell proliferation and apoptosis of duodenum in rats. *Biol Trace Elem Res.* 2021;199(1):205–215. doi: 10.1007/s12011-020-02123-w
27. Başaran N, Duydu Y, Bacanlı M, et al. Evaluation of oxidative stress and immune parameters of boron exposed males and females. *Food Chem Toxicol.* 2020;142:111488. doi: 10.1016/j.fct.2020.111488

Статья получена: 22.03.21  
 Принята в печать: 08.06.21  
 Опубликовано: 30.06.21



© Курочкин В.Ю., Хорошавина Е.И., Федоров А.А., 2021  
УДК 581.5:615.8

## Подходы к организации санитарно-эпидемиологического контроля (надзора) за округами санитарной (горно-санитарной) охраны лечебно-оздоровительных местностей и курортов

В.Ю. Курочкин<sup>1</sup>, Е.И. Хорошавина<sup>1</sup>, А.А. Федоров<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>ФБУН «Екатеринбургский медицинский – научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора, ул. Попова, д. 30, г. Екатеринбург, 620014, Российская Федерация

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, ул. Репина, д. 3, г. Екатеринбург, 620028, Российская Федерация

**Резюме.** *Введение.* Согласно законодательству Российской Федерации санитарно-эпидемиологический контроль (надзор) за округами санитарной (горно-санитарной) охраны природных лечебных ресурсов, лечебно-оздоровительных местностей и курортов возложен на органы Роспотребнадзора. Указанные округа являются законодательно установленными зонами с особыми условиями использования территорий и предназначены для защиты, сохранения природных лечебных ресурсов, курортных территорий. *Цель исследования:* разработка подходов к организации санитарно-эпидемиологического контроля (надзора) за округами санитарной (горно-санитарной) охраны природных лечебных ресурсов, лечебно-оздоровительных местностей и курортов. *Материал и методы.* В основу работы положен анализ фондовых материалов лаборатории курортных ресурсов ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора, результатов собственных обследований месторождений (участков) минеральных вод, лечебных грязей, курортных территорий, выполняемых в ходе проектирования округов, данные по установленным в Российской Федерации округам, а также проведенный анализ законодательных и иных нормативно-правовых требований к установлению и контролю состояния округов. *Результаты и обсуждение.* Сложности при осуществлении санитарно-эпидемиологического контроля (надзора) за округами связаны с отсутствием современной законодательной базы по округам и общего доступа к сведениям о границах округов и зон, устаревшим характером программ (планов) санитарно-оздоровительных мероприятий, многообразием контролируемых сфер деятельности и объектов надзора, а также иными причинами. *Выводы.* Для организации санитарно-эпидемиологического контроля за округами следует рассмотреть и утвердить комплекс нормативно-методических документов по округам, разработанный в 2017–2020 гг. ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора; проводить ранжирование объектов государственного надзора; создать электронные базы данных по каждому округу, содержащие сведения о контролируемых объектах; осуществлять плановые проверки в тесном взаимодействии с органами Росприроднадзора и иными органами государственного контроля, а также осуществлять санитарно-эпидемиологические экспертизы, обследования, исследования, испытания и иные виды оценок, привлекая к участию в их проведении экспертов и экспертные организации, аккредитованные в установленном порядке.

**Ключевые слова:** санитарно-эпидемиологический контроль (надзор), округа и зоны санитарной (горно-санитарной) охраны, природные лечебные ресурсы, лечебно-оздоровительные местности, курорты.

**Для цитирования:** Курочкин В.Ю., Хорошавина Е.И., Федоров А.А. Подходы к организации санитарно-эпидемиологического контроля (надзора) за округами санитарной (горно-санитарной) охраны лечебно-оздоровительных местностей и курортов // Здоровье населения и среда обитания. 2021. № 6 (339). С. 48–55. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-339-6-48-55>

### Информация об авторах:

✉ Курочкин Вячеслав Юрьевич – зав. лабораторией курортных ресурсов ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора; e-mail: [kurortresurs@yandex.ru](mailto:kurortresurs@yandex.ru); ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1325-0581>.

Хорошавина Елена Ивановна – науч. сотр. лаборатории курортных ресурсов ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0568-5451>.

Федоров Андрей Алексеевич – зав. НПО восстановительного лечения, физиотерапии и курортологии ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора, вед. науч. сотр., д-р мед. наук, профессор; профессор курса физиотерапии, ЛФК и спортивной медицины ФГБОУ ВО ФГБОУ ВО УГМУ Минздрава России; e-mail: [fedorov@ymrc.ru](mailto:fedorov@ymrc.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9695-2959>.

## Approaches to Organization of Sanitary and Epidemiological Surveillance over Sanitary Protection Districts of Mountain and Spa Resorts and Recreational Areas

V.Yu. Kurochkin,<sup>1</sup> Ye.I. Khoroshavina,<sup>1</sup> A.A. Fedorov<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, 30 Popov Street, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation

<sup>2</sup>Ural State Medical University, 3 Repin Street, Yekaterinburg, 620028, Russian Federation

**Summary.** *Background:* According to the legislation of the Russian Federation, the bodies and institutions of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing (Rospotrebnadzor) shall carry out sanitary and epidemiological surveillance over the sanitary protection districts of natural curative resources, health and recreational areas, mountain and spa resorts. The specified districts are statutory and use-restricted zones. They are designated for protection and preservation of natural curative resources and resort areas. The *purpose* of the study was to elaborate approaches to organization of effective sanitary and epidemiological surveillance over the sanitary protection districts. *Material and methods:* We analyzed data collected by the Laboratory for Resort Resources of the Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, results of our own surveys of mineral water deposits, therapeutic mud sites, and resort areas carried out when designing districts, and data on the districts established in the Russian Federation. In addition, we have reviewed legislative and regulatory requirements for establishment and surveillance of environmental conditions in such districts. *Results and discussion:* Difficulties in executing sanitary and epidemiological control (surveillance) over the districts are related to the lack of an up-to-date legal framework for the districts or general access to the data on their boundaries, the obsolete nature of programs (plans) of sanitary and recreational activities, a wide variety of controlled activities and objects, etc. *Conclusion:* In order to organize effective sanitary and epidemiological control over the districts, it is important to review and approve a set of regulatory documents and guidelines developed in 2017–2020 by the Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers. Besides, it is essential to rank objects of governmental supervision, to develop electronic databases on the controlled objects for each district, and to collaborate with the bodies of the Federal Supervisory Natural Resources Management Service (Rosprirodnadzor) and other state control bodies in conducting scheduled inspections. It is also necessary to conduct sanitary and epidemiological expert examinations, surveys, studies, tests, and other types of assessments, involving accredited experts and expert organizations.

**Keywords:** sanitary and epidemiological control (surveillance), districts and zones of sanitary (mountainous sanitary) protection, natural curative resources, health and recreational areas, resorts

**For citation:** Kurochkin VYu, Khoroshavina YeI, Fedorov AA. Approaches to organization of sanitary and epidemiological

surveillance over sanitary protection districts of mountain and spa resorts and recreational areas. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021; (6(339)):48–55. (In Russian). doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-339-6-48-55>

**Author information:**

✉ Vyacheslav Yu. **Kurochkin**, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Leading Researcher, Head of the Laboratory for Resort Resources, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing (Rosпотребнадзор); e-mail: kurortresurs@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1325-0581>.

Yelena I. **Khoroshavina**, Research Scientist, Laboratory for Resort Resources, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers; e-mail: kurortresurs@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0568-5451>.

Andrey A. **Fedorov**, D.M.Sc., Professor, Leading Research Scientist, Head of the Research and Production Association for Rehabilitation, Physiotherapy and Balneology, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers; Professor of the Course in Physiotherapy, Exercise Therapy and Sports Medicine, Ural State Medical University of the Russian Ministry of Health; e-mail: fedorov@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9695-2959>.

**Введение.** Важнейшим направлением «Стратегии развития санаторно-курортного комплекса Российской Федерации»<sup>1</sup> и плана мероприятий по ее реализации<sup>2</sup> [1–3] является усиление государственного контроля в сфере обеспечения санитарной (горно-санитарной) охраны (СГ-СО) природных лечебных ресурсов (ПЛР), лечебно-оздоровительных местностей (ЛОМ) и курортов (К). Согласно Федеральному закону о ПЛР<sup>3</sup> и в соответствии с изменениями, внесенными Федеральным законом от 03.08.2018 № 342-ФЗ<sup>4</sup> в Земельный кодекс Российской Федерации (глава XIX)<sup>5</sup>, округа СГ-СО являются зонами с особыми условиями использования территорий и для них законодательно устанавливается режим хозяйствования, проживания, природопользования, обеспечивающий защиту и сохранение ПЛР ЛОМ или К от загрязнения и преждевременного истощения. Согласно законодательству Российской Федерации<sup>3,6,7</sup> санитарно-эпидемиологический контроль (надзор) (СЭК) за округами СГ-СО ЛОМ и К возложен на органы Роспотребнадзора.

**Цель исследования:** разработка подходов к организации санитарно-эпидемиологического контроля (надзора) за округами санитарной (горно-санитарной) охраны природных лечебных ресурсов, лечебно-оздоровительных местностей и курортов.

**Материал и методы.** Для разработки подходов к организации СЭК использовался фондовый материал по ПЛР, территориям ЛОМ и К Волго-Уральского и Западно-Сибирского регионов, накопленный более чем за 85-летний период деятельности лаборатории курортных ресурсов ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора, результаты выполняемых в ходе проектирования округов собственных обследований месторождений (участков) минеральных вод, лечебных грязей, курортных территорий, данные по установленным в Российской Федерации округам СГ-СО ЛОМ и К, а также проведенный анализ законодательных и иных нормативно-правовых требований к установлению и контролю состояния

округов. В ходе обследований ПЛР, курортных территорий был использован комплекс методов (курортологических, санитарно-гигиенических, гидрогеологических, физико-химических и др.), позволяющих системно оценивать природные объекты, условия их формирования и природную защищенность, возможное воздействие на них антропогенных факторов.

**Результаты и обсуждение.** В настоящее время на территории России, по данным сайта информационно-аналитической системы «Особо охраняемые природные территории России», организованы и функционируют 56 ЛОМ и К федерального значения, 86 регионального, 15 местного значения. Округа представляют собой достаточно большие по площади территории (до 4000 км<sup>2</sup>), различающиеся по размерам, структуре и риску антропогенного загрязнения охраняемых объектов. В зависимости от вида охраняемых природных лечебных ресурсов, их расположения в пределах ЛОМ или К, риска антропогенного загрязнения [4] и степени природной защищенности охраняемых объектов [5], округа санитарной и горно-санитарной охраны подразделяются нами (табл. 1) на малые (менее 10 км<sup>2</sup>), средние (10–50 км<sup>2</sup>), большие (более 50 км<sup>2</sup>) и курортные города, районы (50–4000 км<sup>2</sup>). При этом, в зависимости от сосредоточенности ПЛР в пределах одного района, округа могут состоять из одного или нескольких участков, в каждом из которых может выделяться до трех зон СГ-СО.

Несмотря на многовековую историю курортного дела в России и на существование законодательного требования об организации округов СГ-СО практически одновременно с возникновением первых русских курортов [6–9], далеко не все курортно-рекреационные территории как в пределах Уральского региона, так и в других регионах имеют установленные округа. Так, в Свердловской области официально, на основании постановлений Правительства области, находятся 21 ЛОМ, К. Из них только шесть курортных территорий имеют установленные округа СГ-СО. В Челябинской области из

<sup>1</sup> Стратегия развития санаторно-курортного комплекса Российской Федерации. Утв. распоряжением Правительства Российской Федерации № 2581-р от 26.11.2018.

<sup>2</sup> План мероприятий по реализации Стратегии развития санаторно-курортного комплекса Российской Федерации. Утв. распоряжением Правительства Российской Федерации № 2852-р от 29.11.2019.

<sup>3</sup> О природных лечебных ресурсах лечебно-оздоровительных местностях и курортах (с доп. и изм.): Федеральный закон № 26-ФЗ от 23.02.1995.

<sup>4</sup> О внесении изменений в Градостроительный кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации (с доп. и изм.): Федеральный закон № 342-ФЗ от 03.08.2018.

<sup>5</sup> Земельный кодекс Российской Федерации (с доп. и изм.): Федеральный закон № 136-ФЗ от 25.10.2001.

<sup>6</sup> О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения (с доп. и изм.): Федеральный закон № 52-ФЗ от 30.03.1999.

<sup>7</sup> Положение об округах санитарной и горно-санитарной охраны лечебно-оздоровительных местностей и курортов федерального значения. Утв. постановлением Правительства РФ № 1425 (с доп. и изм.) от 07 декабря 1996 г.

Таблица. Градации округов санитарной (горно-санитарной) охраны лечебно-оздоровительных местностей и курортов по размерам, структуре и риску антропогенного загрязнения

Table. Gradation of districts of sanitary (mountainous sanitary) protection of recreational areas and resorts by size, structure and risk of anthropogenic contamination

Наименование групп округов / District groups	Размеры округов, км <sup>2</sup> / District size, km <sup>2</sup>	Характеристика групп округов / Characteristics of district groups	Характерные представители данной группы округов / Examples
Малые (простые) / Small (single)	< 10	Состоят из одного участка округа, предназначены для охраны объектов инфраструктуры территорий одной, реже – двух-трех санаторно-курортных и лечебно-профилактических организаций и расположенных на их территории участков месторождений минеральных вод средней и высокой степени защищенности и (или) находящихся в непосредственной близости рекреационных водоемов или их части, участков месторождений лечебных грязей. К данной группе относятся округа охраны водозаборных участков минеральных вод, используемых для промышленного розлива. Округа данной группы характеризуются низким риском антропогенного загрязнения, удалены на 5 и более км от населенных пунктов / They consist of a single plot (site) of the district and are intended for protection of the infrastructure of one or, occasionally, two or three resorts or health facilities, mineral water deposits of medium and high degree of protection located on their territory, recreational waterbodies or parts of them situated in the immediate vicinity, and/or areas of therapeutic mud deposits. This group also includes protection zones of mineral water bottling plants. The risk of anthropogenic pollution in such districts is low. They are located at a distance of five or more kilometers from settlements	Курорт Варзи-Ятчи – Удмуртская Республика; лечебно-оздоровительные местности Тавда, Липовка – Свердловская область; санаторий «Урал» – Челябинская область; санатории «Лесники», «Сосновая роща» – Курганская область и др. / Varzi-Yatchi Resort, Udmurt Republic; health and recreational areas Tavda and Lipovka, Sverdlovsk Region; “Ural” health resort, Chelyabinsk Region; “Lesniki” and “Sosnovaya Roshcha” health resorts, Kurgan Region, etc.
Средние / Medium	10–50	Состоят из одного или нескольких участков округа, предназначены для охраны объектов инфраструктуры территорий одной или нескольких санаторно-курортных и лечебно-профилактических организаций и расположенных на их территории или на удалении до 50 км участков месторождений минеральных вод низкой и средней степени защищенности, рекреационных водоемов, участков месторождений лечебных грязей. Округа данной группы характеризуются средним и высоким риском антропогенного загрязнения, в их пределах или в непосредственной близости находятся населенные пункты, промышленные, сельскохозяйственные и иные предприятия / They consist of one or more sites of the district and are intended for protection of the infrastructure of one or several resort and/or health facilities, mineral water deposits of low and medium degree of protection, recreational water bodies, and plots of therapeutic mud deposits located within their boundaries or at a distance of up to 50 km. The risk of anthropogenic pollution in such districts is medium or high; settlements, industrial, agricultural and other enterprises are situated within their boundaries or in the immediate vicinity	Курорт Нижние Серги, курорт Обуховский – Свердловская область; курорты Янган-Тав, Якты-Куль, санаторий «Карагай» – Республика Башкортостан; курорт Ключи – Пермский край / Nizhni Sergi and Obukhovskiy health resorts, Sverdlovsk region; Yangan-Tau, Yakty-Kul, and “Karagay” health resorts, Republic of Bashkortostan; Klyuchi resort, Perm Region
Большие (сложные) / Large (complex)	> 50	Состоят из одного или нескольких участков округа, предназначены для охраны объектов инфраструктуры территорий нескольких санаторно-курортных и лечебно-профилактических и иных оздоровительных организаций и расположенных на их территории или на удалении до 50 км участков месторождений минеральных вод низкой и средней степени защищенности, одного большого или нескольких рекреационных водоемов, участков месторождений лечебных грязей. Округа данной группы характеризуются средним и высоким риском антропогенного загрязнения, преимущественно связанным с хозяйственно-бытовым загрязнением расположенных в пределах округа санаторно-курортных и иных организаций, а также с находящимися в их пределах или в непосредственной близости населенными пунктами, промышленными, сельскохозяйственными и иными предприятиями / They consist of one or more sites of the district and are intended for protection of the infrastructure of several resort and/or health facilities, mineral water deposits of low and medium degree of protection, one large or several small recreational water bodies, and plots of therapeutic mud deposits located within their boundaries or at a distance of up to 50 km. The risk of anthropogenic pollution in such districts is medium or high and is posed by household wastes of health facilities and resorts as well as settlements, industrial, agricultural and other enterprises situated within their boundaries or in the immediate vicinity	Курорт Усть-Качка – Пермский край; курорты Кисегач, Увильды – Челябинская область; курорт Озеро Медвежье – Курганская область; курорт Белокуриха – Алтайский край / Ust-Kachka Resort, Perm Region; Kisekach and Uvildy resorts, Chelyabinsk Region; Lake Medvezhye resort, Kurgan Region; Belokurikha resort, Altai Krai
Курортные города, районы / Resort towns and districts	50–4000	Состоят из нескольких участков, объединенных единым округом, предназначены для охраны природных лечебных ресурсов, находящихся в пределах одного или нескольких населенных пунктов, на территории которых расположены многочисленные санаторно-курортные и иные организации, основной сферой деятельности которых является санаторно-курортное лечение, реабилитация и оздоровление населения. Округа данной группы характеризуются средним и высоким риском антропогенного загрязнения, преимущественно связанным с хозяйственно-бытовым, промышленным и иным загрязнением от объектов городской и курортной инфраструктуры / They consist of several sites united by a single district and are intended for protection of natural curative resources situated within one or several settlements with numerous resorts and health facilities. The risk of anthropogenic pollution in such districts is medium or high and is mainly posed by household, industrial and other contaminants originating from urban and resort infrastructure	Города-курорты Сочи, Анапа, Геленджик – Краснодарский край; Пятигорск, Железноводск, Ессентуки – Ставропольский край; Нальчик – Кабардино-Балкарская Республика и др. / Resort cities of Sochi, Anapa, and Gelendzhik, Krasnodar Krai; Pyatigorsk, Zheleznovodsk, and Essentuki, Stavropol Krai; Nalchik, Kabardino-Balkaria, etc.



заключения или иного документа, не противоречащего действующему законодательству, определяющего соответствие или несоответствие проекта округа и содержащихся в нем решений в отношении границ округа и зон, режима ограничения хозяйственной и иной деятельности, плана санитарно-оздоровительных мероприятий санитарному законодательству, для принятия органами исполнительной власти Российской Федерации (для ЛОМ и К федерального значения) или субъектов Российской Федерации (для ЛОМ и К регионального и местного значения) решений об установлении округа СГ-СО ЛОМ и К или внесении изменений в отношении границ округа и зон, режима ограничения хозяйственной и иной деятельности;

– организацию и проведение проверок органов местного самоуправления, юридических лиц, индивидуальных предпринимателей и граждан, деятельность которых и используемые ими производственные объекты (далее – объекты государственного надзора) находятся в пределах границ округов СГ-СО, для обеспечения соблюдения требований санитарного законодательства, санитарного режима округа, выполнения санитарно-оздоровительных (профилактических) мероприятий, предписаний должностных лиц, осуществляющих СЭК;

– организацию и проведение проверок соблюдения юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями требований технических регламентов в сфере санитарно-эпидемиологического благополучия населения и среды обитания, в том числе охраны ПЛР, ЛОМ и К, государственный СЭК за выполнением которых возложен на Федеральную службу по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека;

– применение в порядке, установленном законодательством Российской Федерации, мер по пресечению выявленных нарушений санитарного законодательства на территориях округов СГ-СО и (или) устранению последствий таких нарушений, а также выдачу предписаний об устранении выявленных нарушений требований санитарного законодательства, технических регламентов и привлечение к ответственности лиц, совершивших такие нарушения;

– выдачу предписаний о проведении санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий в округах СГ-СО;

– систематическое наблюдение за исполнением требований санитарного законодательства в округах СГ-СО, анализ и прогнозирование состояния исполнения требований санитарного законодательства, технических регламентов при осуществлении деятельности органами государственной власти, органами местного самоуправления, юридическими лицами, индивидуальными предпринимателями и гражданами;

– федеральное статистическое наблюдение в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения в округах СГ-СО в установленном порядке, в том числе

наблюдение за состоянием заболеваемости инфекционными и массовыми неинфекционными заболеваниями (отравлениями), выполнением планов санитарно-оздоровительных (профилактических) мероприятий в округах, а также формирование открытых и общедоступных государственных информационных ресурсов в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения;

– проведение систематического анализа и оценки эффективности государственного надзора по округам СГ-СО ЛОМ и К с включением данных в ежегодные государственные доклады о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в порядке, установленном Правительством Российской Федерации.

Предметом проверок при осуществлении СЭК за округами СГ-СО являются: выполнение органами местного самоуправления, юридическими лицами, индивидуальными предпринимателями и гражданами, деятельность которых и используемые ими производственные объекты находятся в пределах границ округов, обязательных требований; выполнение санитарно-оздоровительных (профилактических) мероприятий; соблюдение юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями требований технических регламентов; выполнение предписаний должностных лиц, осуществляющих государственный надзор.

Для организации плановых проверок за соблюдением санитарного режима и выполнением санитарно-оздоровительных (профилактических) мероприятий в округе следует проводить ранжирование (отнесение) объектов государственного надзора:

– по категориям: органы местного самоуправления; пользователи природных лечебных ресурсов (санаторно-курортные, лечебно-профилактические организации, производства по промышленному розливу минеральных вод, пакетированию лечебных грязей и др.); юридические лица, индивидуальные предприниматели, не являющиеся пользователями природных лечебных ресурсов (сельскохозяйственные, торговые, промышленные предприятия, предприятия сферы отдыха, услуг, образовательные организации и др.); граждане, проживающие и осуществляющие деятельность на приусадебных и иных участках в пределах границ округа, т. к. у каждой из указанных групп лиц своя сфера деятельности и мера ответственности за соблюдение установленного режима СГ-СО и, соответственно, к ним должны предъявляться различные требования;

– по их нахождению в первой, второй и третьей зонах округа, т. к. в зависимости от этого должны предъявляться различные требования по ограничению хозяйственной и иной деятельности;

– по отнесению их к определенной категории риска или определенному классу опасности для соблюдения требований законодательства<sup>11,12</sup>

<sup>11</sup> О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля (с доп. и изм.: Федеральный закон № 294-ФЗ от 26.12.2008).

<sup>12</sup> О применении риск-ориентированного подхода при организации отдельных видов государственного контроля (надзора) и внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации (вместе с Правилами отнесения деятельности юридических лиц и индивидуальных предпринимателей и (или) используемых ими производственных объектов к определенной категории риска или определенному классу (категории) опасности: Постановление Правительства Российской Федерации № 806 от 17.08.2016).

по риск-ориентированному государственному надзору и определению периодичности проверок в отношении каждого объекта государственного надзора [21].

При проведении плановых проверок пользователей природных лечебных ресурсов и иных юридических лиц, индивидуальных предпринимателей должны использоваться проверочные листы (список основных контрольных вопросов) в части соблюдения санитарного режима и выполнения санитарно-оздоровительных (профилактических) мероприятий в округе<sup>13</sup>. Для каждой категории объектов государственного надзора авторами статьи разработаны проверочные листы, которые содержат контрольные вопросы только по соблюдению санитарного режима и выполнению санитарно-оздоровительных (профилактических) мероприятий в округе, таким образом, предмет плановой проверки юридических лиц и индивидуальных предпринимателей может не ограничиваться перечнем вопросов, включенных эти листы, и зависит от характера осуществляемой деятельности.

Для формирования целостного представления о соблюдении в округе СГ-СО обязательных требований, установленных законодательством Российской Федерации, технических регламентов, предписаний должностных лиц о выполнении санитарно-оздоровительных (профилактических) мероприятий, рекомендуется одновременно проводить плановые проверки нескольких объектов государственного надзора, относящихся к различным категориям, соблюдая при этом периодичность проверок в соответствии с требованиями риск-ориентированного надзора<sup>12</sup>. Учитывая специфический характер округов СГ-СО, для целей санитарно-эпидемиологического надзора рекомендуется проводить плановые проверки в тесном взаимодействии с органами Росприроднадзора и иными органами государственного надзора, а также проводить санитарно-эпидемиологические экспертизы, обследования, исследования, испытания и иные виды оценок, привлекая к участию в их проведении экспертов и экспертные организации, аккредитованные в установленном порядке.

С целью мониторинга за исполнением обязательных требований законодательства Российской Федерации, технических регламентов Евразийского экономического союза, программ санитарно-оздоровительных (профилактических) мероприятий, статистических наблюдений с ежегодной оценкой эффективности государственного надзора, подготовки ежегодных государственных докладов рекомендуется по каждому округу СГ-СО, особенно по округам курортных городов и районов, создание электронной базы данных, содержащей сведения: об объектах государственного надзора, ранжированных в зависимости от их нахождения в пределах округа, требований по соблюдению установленного режима СГ-СО, категории

риска (класса опасности) для соблюдения требований законодательства; сроков проведения плановых проверок; актов проверок; результатах обследований, исследований, испытаний, иных видов оценок и санитарно-эпидемиологических экспертиз; выявленных нарушениях и сроках их исправления; выданных предписаниях; первоочередных мероприятиях, направленных на приведение территорий округа и расположенных в его пределах объектов в соответствие с обязательными требованиями законодательства Российской Федерации.

#### Выводы

1. Для целей СЭК округа СГ-СО являются сложным и специфичным объектом государственного контроля по следующим причинам:

- отсутствие утвержденной современной законодательной базы, регламентирующей санитарно-эпидемиологические требования к организации и контролю за содержанием округов, размеру зон, методам и правилам их установления и пересмотра, к ограничению хозяйственной и иной деятельности в пределах округов и зон, а также требования к их благоустройству;

- округа представляют собой достаточно большие по площади территории, различающиеся по размерам, структуре и риску антропогенного загрязнения охраняемых объектов;

- на территории округов сосредоточены различные по своей экономической деятельности юридические лица, индивидуальные предприниматели и используемые ими производственные объекты;

- большинство округов установлены в 1950-е – 1990-е годы прошлого столетия и не соответствуют современному законодательству, в общем доступе отсутствуют сведения о границах округов и зон, программы (планы) санитарно-оздоровительных мероприятий в округах устарели и требуют актуализации.

2. Для организации СЭК за округами СГ-СО необходимо рассмотрение и утверждение разработанного ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора в 2017–2020 гг. комплекса нормативно-методических документов, включающего:

- санитарные нормы и правила «Округа СГ-СО ЛОМ и К. Гигиенические требования к разработке и организации контроля за содержанием округов» [22];

- методические рекомендации «Санитарно-эпидемиологическая экспертиза округов СГ-СО ЛОМ и К»;

- методические указания «Требования к применению санитарных правил «Округа СГ-СО ЛОМ и К. Гигиенические требования к разработке и организации контроля за содержанием округов».

3. По округам СГ-СО, установленным более 25 лет назад, необходимо проведение обследований территорий и санитарно-эпидемиологической экспертизы с целью актуализации и минимизации установленных границ округов

<sup>13</sup> Об утверждении общих требований к разработке и утверждению проверочных листов (списков контрольных вопросов), используемых должностными лицами территориальных органов федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека при проведении плановых проверок в рамках осуществления федерального государственного санитарно-эпидемиологического надзора: Постановление Правительства Российской Федерации № 177 от 13.02.2017.

и зон, корректировки программ (планов) санитарно-оздоровительных мероприятий, проектов округов и внесения сведений об их границах в государственный реестр недвижимости в соответствии с законодательством России.

4. Для организации СЭК за округами СГ-СО, проведения плановых проверок следует проводить ранжирование объектов государственного надзора, рассмотреть и утвердить разработанные авторами статьи проверочные листы (список основных контрольных вопросов) в части соблюдения санитарного режима и выполнения санитарно-оздоровительных (профилактических) мероприятий в округе, создать электронные базы данных по каждому округу СГ-СО, содержащие сведения о контролируемых объектах, проводить плановые проверки в тесном взаимодействии с органами Росприроднадзора и иными органами государственного надзора, а также проводить санитарно-эпидемиологические экспертизы, обследования, исследования, испытания и иные виды оценок, привлекая к участию в их проведении экспертов и экспертные организации, аккредитованные в установленном порядке.

**Информация о вкладе авторов:** Курочкин В.Ю., Хорошавина Е.И. — концепция и дизайн исследования; сбор и обработка материала, статистическая обработка, редактирование; написание текста: Курочкин В.Ю., Хорошавина Е.И., Федоров А.А.

**Финансирование:** работа выполнена в соответствии с темой НИР № 7.4 «Совершенствование системы санитарно-эпидемиологического надзора за санитарной и горно-санитарной охраной природных лечебных ресурсов, объектов инфраструктуры курортно-рекреационных территорий на основе комплексной оценки риска неблагоприятных антропогенных воздействий» в рамках Отраслевой программы Роспотребнадзора на 2020–2016 гг. «Гигиеническое научное обоснование минимизации рисков здоровью населения России».

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Список литературы

1. Жаворонкова Н.Г., Выпханова Г.В. Теоретико-методологические проблемы совершенствования государственной политики в области развития курортов и лечебно-оздоровительных местностей // Вестник Университета имени О. Е. Кутафина. 2019. № 1 (53). С. 22–36.
2. Десятниченко Д.Ю., Десятниченко О.Ю., Шматко А.Д. О проекте Стратегии развития санаторно-курортного комплекса Российской Федерации (анализ задач и направлений их решения) // Управленческое консультирование. 2018. № 1 (109). С. 84–91.
3. Жаворонкова Н.Г., Выпханова Г.В. Проблемы совершенствования понятийного аппарата в сфере охраны и использования природных лечебных ресурсов, лечебно-оздоровительных местностей и курортов // Актуальные проблемы российского права. 2019. № 4 (101). С. 186–194.
4. Курочкин В.Ю., Федоров А.А., Хорошавина Е.И., Волкова Н.А. Комплексная оценка риска загрязнения природных лечебных ресурсов лечебно-оздоровительных местностей и курортов для установления требований к их санитарной и горно-санитарной охране // Курортная медицина. 2018. № 1. С. 12–19.
5. Курочкин В.Ю., Федоров А.А., Хорошавина Е.И. Основные принципы определения размеров зон горно-санитарной охраны природных лечебных ресурсов, лечебно-оздоровительных местностей и курортов // Курортная медицина. 2018. № 4. С. 4–12.
6. Разумов А.Н., Адилов В.Б. Необходимость новых подходов к разработке проектов округов санитарной (горно-санитарной) охраны лечебно-оздоровительных местностей и курортов и их природных лечебных ресурсов // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2015. № 92 (5). С. 57–60.
7. Бузинов Р.В., Лопатин С.А., Терентьев В.И., Шешин О.Ю., Гудков А.Б., Попова О.Н. Актуальные вопросы обеспечения охраны водисточников на федеральном и региональном уровне (обзор) // Журнал медико-биологических исследований. 2018. Т. 6. № 3. С. 302–309.
8. Лопатин С.А., Байченко Л.А., Терентьев Л.А. Охрана водисточников в России: основные этапы, перспективы // Экономика и экологический менеджмент. 2015. № 4. С. 305–308.
9. Выучейская Д.С., Башкетова Н.С., Бадаева Е.А. Развитие системы охраны источников питьевого водоснабжения в России // Здоровье — основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. 2018. Т. 13. № 2. С. 775–785.
10. Романова О.А. Правовые проблемы регулирования застройки территорий курортов и лечебно-оздоровительных местностей // Актуальные проблемы российского права. 2019. № 3 (100). С. 200–208.
11. Навасардова Э.С., Чечель Г.И., Нутрихин Р.В. Проблемы правового режима земель лечебно-оздоровительных местностей и курортов // Гуманитарные и юридические исследования. 2019. № 4. С. 186–196.
12. Методика изучения природных курортных факторов с целью обоснования их горно-санитарной охраны // М.: труды ЦНИИКиФ МЗ СССР. 1985. 116 с.
13. Фридман К.Б., Романцова В.Л., Воронюк Г.И., Башкетова Н.С. Новые методические подходы в проектировании зон санитарной охраны водисточников // Гигиена и санитария. 2014. Т. 93. № 6. С. 115–116.
14. Горбанев С.А., Никуленков А.М., Еремин Г.Б., Башкетова Н.С., Бадаева Е.А., Ломтев А.Ю. Проблемы проектирования и санитарно-эпидемиологической экспертизы проектов зон санитарной охраны подземных источников водоснабжения // Гигиена и санитария. 2018. Т. 97. № 12. С. 1152–1156.
15. Курочкин В.Ю., Федоров А.А., Хорошавина Е.И., Ясько И.В. Требования к обеспечению санитарной и горно-санитарной охраны природных лечебных ресурсов, курортно-рекреационных территорий // Курортная медицина. 2021. № 1. С. 45–53.
16. Курочкин В.Ю., Федоров А.А., Хорошавина Е.И. Обеспечение сбалансированной антропогенной нагрузки на территории курортов и сохранения природных лечебных ресурсов // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2020. № 97 (2–6). С. 64–65.
17. Выпханова Г. В. Концептуальные основы совершенствования законодательства о лечебно-оздоровительных местностях и курортах // Lex Russica. 2016. № 6 (115). С. 119–131.
18. Шемякина А. Р. Конституционно-правовые принципы охраны гидроминеральных ресурсов в особо охраняемом эколого-курортном регионе Российской Федерации — Кавказские минеральные воды // Пространство экономики. 2007. Т. 5. № 3–2. С. 361–366.
19. Прибытков Ю.Б., Марянина Л.А. Современные направления реформы контрольно-надзорной деятельности в Российской Федерации // Вестник экспертного совета. 2019. № 2 (17). С. 89–93.
20. Онищенко Г.Г., Попова А.Ю., Зайцева Н.В., Май И.В., Шур П.З. Анализ риска здоровью в задачах совершенствования санитарно-эпидемиологического

надзора в Российской Федерации // Анализ риска здоровью. 2014. № 2. С. 4–13.

21. Попова А.Ю., Зайцева Н.В., Май И.В., Кирьянов Д.А., Сбоев А.С. Научно-методические подходы к классификации хозяйствующих субъектов по риску причинения вреда здоровью граждан для задач планирования контрольно-надзорных мероприятий // Анализ риска здоровью. 2014. № 4. С. 4–13.
22. Курочкин В.Ю., Федоров А.А., Хорошавина Е.И. Санитарные правила и нормы организации округов санитарной (горно-санитарной) охраны лечебно-оздоровительных местностей и курортов России // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2019. № 96 (2). С. 102.

#### References

1. Gavoroncova NG, Viphanova GV. Theoretical and methodological problems of improving the state policy in the development of resorts and therapeutic areas. *Vestnik Universiteta imeni O.E. Kutafina*. 2019;(1(53)):22–36. (In Russian). doi: 10.17803/2311-5998.2019.53.1.022-036
2. Desyatnichenko DYU, Desyatnichenko OYu, Shmatko AD. About strategy of development of a sanatorium complex of the Russian Federation (analysis of the tasks and their solutions). *Upravlencheskoe Konsultirovanie*. 2018;(1(109)):84–91. (In Russian). doi: 10.22394/1726-1139-2018-1-84-91
3. Zhavoronkova NG, Vypkhanova GV. Problems of improving conceptual apparatus in the field of protection and use of natural medicinal resources, medical and recreational areas and resorts. *Aktual'nye Problemy Rossiyskogo Prava*. 2019;(4(101)):186–194. (In Russian). doi: 10.17803/1994-1471.2019.101.4.186-194
4. Kurochkin VYu, Fedorov AA, Khoroshavina EI, Volkova NA. Comprehensive risk assessment of pollution of natural health resources of medical and health resources and resorts for setting requirements to their sanitary and mining sanitary protection. *Kurortnaya Meditsina*. 2018;(1):12–19. (In Russian).
5. Kurochkin VYu, Fedorov AA, Khoroshavina EI, Naumova YuA. Basic principles of determination of zone sizes of mountain and sanitary protection of natural medical resources, health and recreation areas and resorts. *Kurortnaya Meditsina*. 2018;(4):4–12. (In Russian).
6. Razumov AN, Adilov VB. The necessity of new approaches to the elaboration of the projects for the sanitary (mountainous sanitary) protection districts around the therapeutic and health-promotion facilities, health resorts and their natural medical resources. *Voprosy Kurortologii, Fizioterapii i Lechebnoy Fizicheskoy Kultury*. 2015;(92(5)):57–60. (In Russian).
7. Buzinov RV, Lopatin SA, Terent'ev VI, Sheshin OYu, Gudkov AB, Popova ON. Current issues of water source protection on the federal and regional levels (review). *Zhurnal Mediko-Biologicheskikh Issledovaniy*. 2018;6(3):302–309. (In Russian). doi: 10.17238/issn2542-1298.2018.6.3.302
8. Lopatin SA, Baichenko LA, Terentyev VI. The protection of the water sources in Russia: the main stages, perspectives. *Ekonomika i Ekologicheskiiy Menedzhment*. 2015;(4):305–308. (In Russian).
9. Vyucheskaya DS, Bashketova NS, Badaeva EA. Development of the system of sanitary protection of the water resources in Russia. *Zdorov'e – Osnova*

10. Romanova OA. Legal issues of the development of resorts and medical and recreational areas regulation. *Aktualnye Problemy Rossiyskogo Prava*. 2019;(3(100)):200–208. (In Russian). doi: 10.17803/1994-1471.2019.100.3.200-208
11. Navasardova ES, Chechel GI, Nutrikhin RV. The problems of the legal regime of lands of health-improving areas and resorts. *Gumanitarnye i Yuridicheskiye Issledovaniya*. 2019;(4):186–196. (In Russian). doi: 10.37494/2409-1030-2019-4-186-196
12. [Methods of Studying Natural Resort Factors for Substantiation of Their Mining and Sanitary Protection.] Moscow: Trudy TSNIiKiF MZ SSSR, 1985. (In Russian).
13. Fridman KB, Romantsova VL, Voronyuk GI, Bashketova NS. New methodical approaches in the projection of zones of sanitary protection of water sources. *Gigiena i Sanitariya*. 2014;93(6):115–116. (In Russian).
14. Gorbanev SA, Nikulenkov AM, Yereim GB, Bashketova NS, Badayeva EA, Lomtev AYU. Problems of designing and sanitary-epidemiologic expertize of projects of sanitary protection zones of underground water supply sources. *Gigiena i Sanitariya*. 2018;97(12):1152–1156. (In Russian). doi: 10.18821/0016-9900-2018-97-12-1152-1156
15. Kurochkin VYu, Fedorov AA, Khoroshavina YeI, Yasko IV. Requirements for providing sanitary and mining-sanitary protection of natural healing resources, resort and recreation territories. *Kurortnaya Meditsina*. 2021;(1):45–53. (In Russian).
16. Kurochkin VYu, Fedorov AA, Khoroshavina EI. [Provision of a balanced anthropogenic load on the territory of resorts and preservation of natural healing resources.] *Voprosy Kurortologii, Fizioterapii i Lechebnoy Fizicheskoy Kultury*. 2020;(97(2-6)):64–65. (In Russian).
17. Vyphanova GV. Conceptual foundations of improvement of legislation on therapeutic and health areas and resorts. *Lex Russica*. 2016;(6(115)):119–131. (In Russian). doi: 10.17803/1729-5920.2016.115.6.119-131
18. Shemyakina AR. [Constitutional and legislative principles for the protection of hydromineral resources in the listed eco-resort region of the Russian Federation – Caucasian Mineral Waters.] *Ekonomicheskiiy Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta*. 2007;5(3-2):361–366. (In Russian).
19. Pribytkov YuB, Maryanina LA. Modern directions of the reform of control and supervisory activities in the Russian Federation. *Vestnik Ekspertnogo Soveta*. 2019;(2(17)):89–93. (In Russian).
20. Onishchenko GG, Popova AU, Zaitseva NV, May IV, Shur PZ. Health risk analysis in the tasks of improving sanitary and epidemiological surveillance in the Russian Federation. *Health Risk Analysis*. 2014;(2):4–13. (In Russian).
21. Popova AYU, Zaitseva NV, Mai IV, Kiriyanov DA, Sbojev AS. Scientific approaches to the classification of economic entities in terms of health risks for the purposes of control and supervisory activities. *Health Risk Analysis*. 2014;(4):4–13. (In Russian).
22. Kurochkin VYu, Fedorov AA, Khoroshavina EI. Sanitary rules and standards of the districts' organization of sanitary (mountain-sanitary) protection of medical and health-improving areas and resorts of Russia. *Voprosy Kurortologii, Fizioterapii i Lechebnoy Fizicheskoy Kultury*. 2019;(96(2)):102. (In Russian).



© Гурвич В.Б., Мажаева Т.В., Сеницына С.В., Козубская В.И., Борцова Е.Л., Шелунцова Н.Г., 2021  
УДК 613.2

## Страхование ответственности причинения вреда как альтернативный способ управления качеством и безопасностью пищевой продукции

В.Б. Гурвич<sup>1</sup>, Т.В. Мажаева<sup>1</sup>, С.В. Сеницына<sup>1</sup>, В.И. Козубская<sup>1</sup>,  
Е.Л. Борцова<sup>2</sup>, Н.Г. Шелунцова<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ФБУН «Екатеринбургский медицинский – научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора, ул. Попова, д. 30, г. Екатеринбург, 620014, Российская Федерация

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет», ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45, г. Екатеринбург, 620014, Российская Федерация

<sup>3</sup>Управление Роспотребнадзора по Свердловской области, пер. Отдельный, д. 3, г. Екатеринбург, 620078, Российская Федерация

**Резюме.** *Введение.* Массовый характер нарушений обязательных требований формирует административные меры, приводящие к экономическому ущербу для потребителей и хозяйствующих субъектов. В условиях развития интеграционных процессов и гармонизации законодательства внедряются новые, более эффективные подходы к осуществлению государственного контроля (надзора) и управлению качеством и безопасностью пищевой продукции, основанные на предотвращении нарушений и снижении риска причинения вреда. *Цель работы* – обоснование применения страхования ответственности производителей и продавцов как механизма повышения качества и безопасности пищевой продукции и снижения риска причинения вреда потребителю и хозяйствующим субъектам. *Материалы и методы.* Использованы и проанализированы данные Управления Роспотребнадзора по Свердловской области, ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Свердловской области», Росстата, регионального оператора по обращению с твердыми коммунальными отходами Свердловской области, ЕМУП «Спецавтобаза», КоАП РФ. Применялись сравнительно-аналитический метод, метод динамических рядов. *Результаты.* Установленные факторы обуславливают совокупный экономический ущерб потребителя и хозяйствующих субъектов при обращении несоответствующей пищевой продукции, вносят различные вклады как по величине имущественного вреда, так и по последствиям для здоровья потребителя. Основной вклад в имущественный ущерб для хозяйствующих субъектов вносят административные взыскания. Кишечные инфекции являются главным фактором, приводящим к физическому и максимальному материальному ущербу, который в том числе ложится на государство. Объекты молочной и мясной промышленности, имеющие чрезвычайно высокие риски, несут наибольшие финансовые потери. Применение различных способов управления безопасностью пищевой продукции, в том числе страхование ответственности за причинение вреда, позволит минимизировать риски, предотвратить их последствия и защитить потребителей и хозяйствующие субъекты. *Выводы.* При нарушении обязательных требований имеются существенные риски причинения вреда потребителю и экономического ущерба хозяйствующим субъектам. Страхование можно рассмотреть как альтернативный способ управления рисками, мотивирующий предприятия к обеспечению качества и безопасности пищевой продукции, защите потребителя, сохранению его здоровья и снижению экономического ущерба.

**Ключевые слова:** страхование ответственности, экономический ущерб, риски, управление безопасностью пищевой продукции.

**Для цитирования:** Гурвич В.Б., Мажаева Т.В., Сеницына С.В., Козубская В.И., Борцова Е.Л., Шелунцова Н.Г. Страхование ответственности причинения вреда как альтернативный способ управления качеством и безопасностью пищевой продукции // Здоровье населения и среда обитания. 2021. № 6 (339). С. 56–64. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-339-6-56-64>

### Информация об авторах:

**Гурвич** Владимир Борисович – д-р мед. наук, научный руководитель ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора; e-mail: [gurvich@ymrc.ru](mailto:gurvich@ymrc.ru); ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6475-7753>.

✉ **Мажаева** Татьяна Васильевна – канд. мед. наук, заведующий отделом гигиены питания, качества и безопасности продукции, доцент кафедры технологии питания УрГЭУ, ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора; e-mail: [mazhaeva@ymrc.ru](mailto:mazhaeva@ymrc.ru); ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8566-2446>.

**Сеницына** Светлана Викторовна – науч. сотр. отдела гигиены питания, качества и безопасности продукции ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора; e-mail: [sinicinasv@ymrc.ru](mailto:sinicinasv@ymrc.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7338-2316>.

**Козубская** Валентина Ивановна – науч. сотр. отдела гигиены питания, качества и безопасности продукции ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора; e-mail: [kozubskaya@ymrc.ru](mailto:kozubskaya@ymrc.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4109-6187>.

**Борцова** Екатерина Леонидовна – канд. экон. наук, доцент кафедры технологий питания УрГЭУ; e-mail: [borcovael@yandex.ru](mailto:borcovael@yandex.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4683-1523>.

**Шелунцова** Наталия Гумаровна – начальник отдела надзора по гигиене питания и защиты прав потребителей на потребительском рынке продуктов питания Управления Роспотребнадзора по Свердловской области; e-mail: [sheluntsova\\_ng@66.rosпотребнадzor.ru](mailto:sheluntsova_ng@66.rosпотребнадzor.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3282-3736>.

## Damage Liability Insurance as an Alternative Means of Food Quality and Safety Management

V.B. Gurvich,<sup>1</sup> T.V. Mazhaeva,<sup>1</sup> S.V. Sinitsyna,<sup>1</sup> V.I. Kozubskaya,<sup>1</sup> E.L. Bortsova,<sup>2</sup> N.G. Sheluntsova<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, 30 Popov Street, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation

<sup>2</sup>Ural State University of Economics, 62 8 Marta Street/45 Narodnaya Volya Street, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation

<sup>3</sup>Office of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing in the Sverdlovsk Region, 3 Otdelny Lane, Yekaterinburg, 620078, Russian Federation

**Summary.** *Introduction:* Widespread violations of mandatory requirements entails administrative measures that cause economic damage to both consumers and economic entities. In the context of the development of integration processes and harmonization of legislation, new, more effective approaches to the governmental control (supervision) and food quality and safety management based on prevention of violations and reduction of damage risks are being introduced. The objective of our work was to substantiate the necessity of damage liability insurance for producers and retailers as an instrument of improving quality and safety of foodstuffs and reducing risks of damages to consumers and economic operators. *Materials and methods:* We analyzed data of the Sverdlovsk Regional Rosпотребнадzor Office, the Center for Hygiene and Epidemiology in the Sverdlovsk Region, the Federal Service of State Statistics, the Regional Solid Household Waste Management Operator, the Yekaterinburg Municipal Unitary Enterprise “Spetsavtobaza”, as well as provisions of the Code of the Russian Federation on Administrative Offenses, using comparative and time-series methods. *Results:* We established factors accounting for the cumulative economic damage to consumers and economic operators from circulation of substandard food products and found that

they contributed differently in terms of the amount of property damage and health damages to consumers. Administrative penalties are the main reason for the property damage to economic operators. Intestinal infections cause most physical and material losses to consumers and these damages are inevitably shared with the state. Dairy and meat industries with extremely high risks incur the greatest financial losses. The use of various approaches to food safety management, including damage liability insurance, will help minimize risks, prevent their consequences, and protect consumers and economic operators. *Conclusion:* Violation of regulations poses significant risks of damage to consumers and economic losses to economic operators. Insurance may be considered as an alternative means of risk management motivating businesses to ensure food quality and safety, protect consumers and help maintain their health, and reduce economic losses.

**Keywords:** liability insurance, economic loss, risk, food safety management.

**For citation:** Gurvich VB, Mazhaeva TV, Sinitsyna SV, Kozubskaya VI, Bortsova EL, Sheluntsova NG. Damage liability insurance as an alternative means of food quality and safety management. *Zdorov'e Naseleyniya i Sreda Obitaniya*. 2021; (6(339)):56–64. (In Russian). doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-339-6-56-64>

**Author information:**

Vladimir B. **Gurvich**, D.M.Sc., Scientific Director, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers of the Federal Service for Consumer Rights Protection and Human Wellbeing (Rospotrebnadzor); e-mail: [gurvich@ymrc.ru](mailto:gurvich@ymrc.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6475-7753>.

✉ Tatyana V. **Mazhaeva**, Candidate of Medical Sciences, Head of the Department of Food Hygiene, Quality and Safety of Goods, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers; Associate Professor, Department of Food Technology, Ural State University of Economics; e-mail: [mazhaeva@ymrc.ru](mailto:mazhaeva@ymrc.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8566-2446>.

Svetlana V. **Sinitsyna**, Research Scientist, Department of Food Hygiene, Quality and Safety of Goods, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers; e-mail: [sinicinasv@ymrc.ru](mailto:sinicinasv@ymrc.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7338-2316>.

Valentina I. **Kozubskaya**, Research Scientist, Department of Food Hygiene, Quality and Safety of Goods, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers; e-mail: [kozubskay@ymrc.ru](mailto:kozubskay@ymrc.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4109-6187>.

Ekaterina L. **Bortsova**, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Department of Food Technology, Ural State University of Economics; e-mail: [borcovael@yandex.ru](mailto:borcovael@yandex.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4683-1523>.

Nataliya G. **Sheluntsova**, Head of the Department of Food Hygiene Supervision and Consumer Protection in the Consumer Food Market, Office of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing in the Sverdlovsk Region; e-mail: [sheluntsova\\_ng@66.rospotrebnadzor.ru](mailto:sheluntsova_ng@66.rospotrebnadzor.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3282-3736>.

**Введение.** Согласно поставленным Правительством Российской Федерации целям по развитию, интеграции и гармонизации законодательства совершенствуются виды государственного контроля (надзора), в том числе регионального, и административные регламенты исполнения государственных функций по его осуществлению. Цель государственного контроля и надзора состоит не только в том, чтобы выявить нарушения законодательства, но и создать такие условия, при которых проверяемые субъекты будут заинтересованы в минимизации нарушений. В этом направлении активно реализуются и совершенствуются механизмы обеспечения продовольственной безопасности и безопасности пищевых продуктов с учетом постоянно меняющейся социально-экономической и санитарно-эпидемиологической ситуации [1–3]. Так, современная концепция управления рисками обязывает хозяйствующие субъекты при осуществлении процессов производства (изготовления) пищевой продукции внедрять системы менеджмента качества и безопасности пищевой продукции, повышать ответственность за оборот несоответствующей продукции, что способствует росту доверия потребителей и снижению инцидентов, связанных с микробиологическим, химическим или физическим загрязнением пищевой продукции [4].

К сожалению, случаи возникновения заболеваний и отравлений от употребления некачественной пищевой продукции, жалоб на нее нередки встречаются как в нашей, так и в зарубежной практике. Болезни пищевого происхождения от загрязненных пищевых продуктов отслеживаются во многих странах, поскольку они являются одной из основных причин заболеваемости и смертности и влияют на экономическое бремя [5–7]. Растущее разнообразие пищевых продуктов на мировом рынке создало вариативность в восприятии

покупателями качества, в результате чего требования к качеству товаров и услуг возросло, как следствие возросли и жалобы [8]. Потребитель считает, что если он платит за товар, значит его качество и безопасность должны оправдывать ожидания. При покупке любого продукта, будь то хлебобулочные изделия или любой другой, для потребителя очень важны упаковка и качество [9]. Однако ожидания покупателя далеко не всегда удовлетворяются. Только незначительная часть производителей (изготовителей) пищевой продукции использует системный подход в управлении качеством и безопасностью продукции, что повышает риски угрозы здоровью потребителей [10–12]. Поэтому вопросы ответственности за вред, причиненный недоброкачественными пищевыми продуктами, возмещения ущерба потребителям приобретают особую актуальность.

При обращении несоответствующей пищевой продукцией возникает угроза причинения вреда, в том числе имущественного характера, не только потребителю, но и производителю (изготовителю) или продавцу, поскольку они несут убытки, связанные с жалобами, забраковками, утилизацией такой продукции. В дополнение к общим убыткам весьма ощутимым фактором для субъектов предпринимательской деятельности могут быть административные взыскания за невыполнение обязательных требований. При этом основным инструментом снижения избыточного давления на бизнес является переориентация самих организаций в сторону добросовестной деятельности и самоконтроля, а также надзорных органов в сторону объектов повышенного риска, систематически допускающих грубые нарушения законодательства, с использованием методов профилактического воздействия, которые заинтересуют субъекты предпринимательской деятельности в минимизации нарушений<sup>1</sup>. Таким образом, поиск новых

<sup>1</sup> Федеральный закон от 31.07.2020 № 248-ФЗ «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации».

механизмов управления рисками причинения вреда как альтернативного способа управления качеством и безопасностью пищевой продукции является актуальной задачей государства и рассматривается в настоящей статье.

**Цель** работы – обоснование применения страхования ответственности производителей и продавцов как механизма повышения качества и безопасности пищевой продукции и снижения риска причинения вреда потребителю и хозяйствующим субъектам.

Для достижения поставленной цели на примере Свердловской области была проведена оценка риска причинения вреда материальным ценностям хозяйствующего субъекта, риска причинения вреда потребителю, а также рассмотрены подходы к защите имущественных интересов хозяйствующих субъектов и снижению риска причинения вреда потребителю.

**Материалы и методы.** Использованы данные программных продуктов: надзорно-информационной системы Управления Роспотребнадзора по Свердловской области (НИС), лабораторно-исследовательской системы ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Свердловской области» (ЛИС), официальной отчетности Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Формы № 1–18, № 1–19) за 2015 и 2019 годы, а также данные системы управления документацией (СУД) ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Свердловской области» за период 2015–2019 гг. Для оценки экономического ущерба потребителей и хозяйствующих субъектов от обращения несоответствующей пищевой продукции были проанализированы данные Управления Роспотребнадзора по Свердловской области о проинспектированной, изъятой в рамках надзорных мероприятий пищевой продукции по отдельным группам, в том числе маркировке, наложенным на хозяйствующие субъекты штрафам, а также сведения ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Свердловской области» по обращениям (жалобам) потребителей в сфере реализации продуктов питания. Применены данные Федеральной службы государственной статистики (официальные данные Статистического бюллетеня Федеральной службы государственной статистики «Потребление продуктов питания в домашних хозяйствах по субъектам Российской Федерации», статистический сборник «Цены в России»), регионального оператора по обращению с твердыми коммунальными отходами на территории Восточного административно-производственного объединения (АПО-3) Свердловской области (прайсы ЕМУП «Спецавтобаза»), Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях.

Для формирования базы, выходных таблиц и статистического анализа использовались программы Microsoft Excel и SPSS Statistic 21. Корреляционный анализ проводился по критериям Пирсона и Спирмена.

**Результаты.** Роль санитарного законодательства как одного из превентивных механизмов обеспечения безопасности производимой и реализуемой пищевой продукции несомненна. Отсутствие в управлении безопасностью пище-

вой продукции системного подхода, который предусмотрен техническим регламентом ТР ТС 021/211 «О безопасности пищевой продукции», влечет за собой выпуск некачественной и опасной продукции. В Свердловской области за период с 2015 по 2019 год выявлено 4,2 % не соответствующей нормативным требованиям по качеству и безопасности пищевой продукции. Отмечается большой удельный вес некачественной по физико-химическим показателям мясной (11,08 %), молочной (9,56 %) и рыбной (9,38 %) продукции. Нарушения обязательных требований в области обеспечения соответствия продукции по микробиологическим показателям выявлены, в первую очередь, у производителей кондитерских изделий (11,6 %), рыбной (10,86 %), молочной (7,04 %) и мясной (5,82 %) продукции. Установлена зависимость реализации некачественной пищевой продукции и таких нарушений, как отсутствие оценки поставщика, приемка и реализация пищевых продуктов, не соответствующих требованиям нормативной документации, в том числе без документов, подтверждающих происхождение, качество и безопасность продуктов ( $r = 0,324$   $p = 0,000$ ), несоблюдение условий хранения и сроков годности ( $r = 0,308$ ,  $p = 0,000$ ), отсутствие надлежащей организации производственного контроля ( $r = 0,246$   $p = 0,000$ ).

Несоблюдение обязательных санитарных требований приводит к риску причинения вреда потребителю. Среднегодовой (с 2015 по 2019 год) потенциальный экономический ущерб, нанесенный потребителю в результате приобретения некачественной пищевой продукции, рассчитанный по результатам лабораторных испытаний, составляет от 23847,45 руб. на потребителя в 2015 году до 25109,4 руб. в 2019 году. Потенциальный экономический ущерб для потребителей по отдельным видам продукции, не соответствующей нормативам по физико-химическим, микробиологическим, санитарно-химическим показателям, представлен в табл. 1.

Приобретение не соответствующей требованиям молочной, мясной, рыбной, плодово-овощной продукции и кондитерских изделий ведет к наибольшим угрозам для здоровья и потере материальных ценностей потребителей.

Значительный вклад в причинение вреда потребителю вносят микробиологические факторы, способствующие развитию кишечных инфекций. В 2019 году в Свердловской области зарегистрировано 34 263 случая заболеваний острыми кишечными инфекциями (ОКИ) – показатель составил 819,3 на 100 тысяч населения, что выше среднемноголетнего уровня (СМУ) на 4 %. Настораживает высокая распространенность заболеваемости сальмонеллезом – в 2019 году в области зарегистрировано 1272 случая заболеваний (показатель 30,4 на 100 тысяч населения), что на 6 % выше уровня 2018 года и на 26 % выше показателя по Российской Федерации. Зарегистрировано 149 случаев дизентерии (показатель 3,6 на 100 тысяч населения), ОКИ ротавирусной этиологии (показатель 126,9 на 100 тысяч населения). Экономические потери от острых кишечных инфекций установленной этиологии в Свердловской области составляют

Таблица 1. Потенциальный экономический ущерб, нанесенный потребителю при приобретении некачественной пищевой продукции, выявленной по результатам лабораторных испытаний, за 2015–2019 гг.

Table 1. Potential economic damage to the consumer from purchased substandard food products as established by the results of laboratory testing, 2015–2019

Наименование продукции / Product category	Потенциальный экономический ущерб, нанесенный потребителю при приобретении некачественной пищевой продукции, за 2015–2019 гг., руб. / Potential economic damage to the consumer from purchased substandard food products as established by the results of laboratory testing (rubles), 2015–2019					Средний потенциальный экономический ущерб, нанесенный потребителю в результате приобретения некачественной пищевой продукции, за 5 лет, руб. / Five-year average potential economic damage from purchased substandard food products, rubles
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	
Мясо и мясопродукты / Meat and meat products	3161,99	1827,89	3373,95	3180,99	3603,16	3029,60
Птица и яйцо / Poultry and eggs	431,4	403,32	445,28	422,66	753,43	491,22
Молоко и молочная продукция / Milk and dairy products	14340,33	13928,48	16272,18	16634,16	15976,53	15430,34
Рыба и рыбопродукты / Fish and fish products	1111,77	1545,97	1284,33	534,91	1150,05	1125,41
Кондитерские изделия / Confectionery	1369,75	2179,83	2202,46	1971,29	1990,98	1942,86
Масложировая продукция / Fats and oils	378,83	293,08	151,24	26,39	26,39	175,19
Хлебобулочные изделия / Bakery products	380,74	352,28	342,32	658,14	240,68	394,83
Овощи и фрукты / Vegetables and fruits	2672,64	2406,88	1467,9	1484,19	1368,18	1879,96
Итого / Total	23847,45	22937,73	25539,66	24912,73	25109,4	24469,39

370,3 млн руб., от острых кишечных инфекций неустановленной этиологии – 270,0 млн руб.<sup>2</sup>

Реализация некачественной и небезопасной пищевой продукции, помимо угроз здоровью, снижает доверие к производителям, а также приводит к увеличению числа жалоб. Результаты анализа данных по обращениям граждан на пищевую продукцию свидетельствуют об увеличении числа таких обращений с 2015 по 2019 год на 32 %. В структуре обращений в 2019 году лидирующие позиции занимали молоко и молочная продукция, на которую приходится 65,6 % от всех обращений, мясная продукция – 17 %. При этом значительная часть (удельный вес составил 54 %) всех обращений потребителей касается качества и безопасности продукции (в основном мясной), а доля жалоб на непредоставление обязательной информации (маркировки) о товарах равна 22 % (в основном по молочной продукции).

Рассчитанный условный экономический ущерб по обращениям потребителей в сфере качества и безопасности пищевой продукции за 2019 год составил 95 184,3 руб. Необходимо отметить, что из-за отсутствия данных по количеству продукции, рассмотренной по каждой жалобе потребителя, при расчете экономического ущерба условно принято считать, что на одну жалобу приходится один килограмм продукции. Наибольшие угрозы материального вреда вызывает некачественная молочная и мясная продукция, ущерб от которой составил за 2019 год 29 959,5 руб. и 29 889,0 руб. соответственно. В первом случае – из-за большого количества обращений, во втором – из-за высокой цены. Недостоверная, неполная информация о товаре либо ее отсутствие являются опасными факто-

рами и регламентируется законодательством. Наибольший экономический ущерб, наносимый потребителям из-за непредоставления обязательной информации (маркировки) о товарах, в 2019 г. установлен на мясную продукцию – 12 287,7 руб. в год, молочную – 12 205,7 руб. в год, рыбную – 6537,7 руб. в год. Совокупный вклад причинения вреда потребителю по обращениям за 2019 год составил 134,0 тыс. руб.

В соответствии требованиями действующего законодательства некачественные и (или) опасные пищевые продукты подлежат изъятию из обращения в целях определения возможности их утилизации или уничтожения. В связи с этим хозяйствующий субъект несет материальный ущерб, который был рассчитан согласно стоимости и количеству изъятых оборота пищевой продукции. Рассчитанный ущерб условно разделен по отраслям (группам пищевых продуктов). Количество изъятых пищевой продукции по основным отраслям в 2019 г. по сравнению с 2015 г. возросло на 33 %, а совокупный экономический ущерб хозяйствующих субъектов увеличился на 47,5 % и составил 13 471,3 тыс. рублей. Наибольший ущерб от изъятых из оборота пищевой продукции испытывают производители молочной (6298,9 тыс. руб.), мясной (3467,1 тыс. руб.), рыбной (1771,1 тыс. руб.) и плодоовощной продукции (1024,9 тыс. руб.).

На основании результатов экспертизы некачественных и (или) опасных пищевых продуктов соответствующий орган государственного надзора выносит предписание об их утилизации или уничтожении. Утилизация такой пищевой продукции приводит к дополнительным расходам хозяйствующих субъектов. Затраты

<sup>2</sup> Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Свердловской области в 2019 году». Екатеринбург, 2020. 254 с.

на утилизацию изъятой пищевой продукции складываются из количества изъятой по группам пищевой продукции и цены за утилизацию 1 тонны изъятой продукции, которая составляла 217 руб. в 2015 году и 478 руб. в 2019 году.

В 2015 году было изъято 46,8 тонн пищевой продукции, в 2019 году на 6,3 тонны больше, что формирует увеличение затрат хозяйствующих субъектов на утилизацию с 10 146,49 тыс. руб. в 2015 г. до 25 355,512 тыс. руб. в 2019 г. Наибольшие затраты (ущерб) от утилизации изъятой некачественной и (или) опасной пищевой продукции несут хозяйствующие субъекты, осуществляющие производство (изготовление) и (или) реализацию молочной продукции (в 2015 г. — 2358,8 тыс. руб. и в 2019 г. — 8140,3 тыс. руб.), плодоовощной (3870,8 тыс. руб. и 6899,9 тыс. руб. соответственно), мясной (976,5 тыс. руб. и 4990,3 тыс. руб. соответственно), рыбной (1054,6 тыс. руб. и 2848,9 тыс. руб. соответственно). В основном это связано с ростом количества изъятой продукции, более высокой ценой, а также увеличением в 2,2 раза стоимости утилизации 1 тонны несоответствующей продукции.

Фактором финансовой нагрузки для хозяйствующего субъекта являются плановые, внеплановые проверки и связанные с ними расходы от административных штрафов, конфискации предметов правонарушения, приостановления деятельности предприятия.

Штрафы на данный момент являются основным действующим механизмом, влияющим на соблюдение установленных законодательством требований субъектами предпринимательской деятельности.

Рассчитанный вероятный экономический ущерб от нарушения требований отдельных технических регламентов представлен в табл. 2.

Из табл. 2 видно, что значительная сумма штрафов (ущерб) для хозяйствующих субъектов связана с нарушением обязательных требований к маркировке пищевой продукции, производству молочной и мясной продукции.

При рассмотрении штрафов, наложенных на хозяйствующие субъекты за нарушение требований технических регламентов (ст. 14.43 КоАП РФ) и порядка реализации продукции, подлежащей обязательному подтверждению соответствия (ст. 14.45 КоАП РФ), установлено увеличение их количества практически в 2 раза — с 415 в 2015 г. до 913 в 2019 г. Минимальный экономический ущерб за нарушение требований технических регламентов по данным статьям за 2019 год для юридических лиц составил 65 600 тыс. руб., для индивидуальных предпринимателей 12 690 тыс. руб., а максимальный — 155 400 тыс. руб. и 18 070 тыс. руб. соответственно.

После получения предписания о нарушении требований технических регламентов хозяйствующий субъект должен быть заинтересован в их своевременном устранении для исключения повторных административных взысканий [13]. Повторное привлечение к административной ответственности регулируется частью 3 статьи 14.43 КоАП РФ, в соответствии с которой меры наказания достаточно жесткие: на юридических лиц — от 700 тыс. до 1 млн рублей с конфискацией предметов административного правонарушения либо административное приостановление деятельности на срок до 90 суток с конфискацией предметов административного правонарушения<sup>3</sup>. Многочисленные нарушения и высокие риски выпуска несоответствующей продукции показывает практика наших аудитов, проведенных в 2019 г., по результатам которых из 15 предприятий 46,7 % имеют критический

Таблица 2. Вероятный экономический ущерб от нарушения требований отдельных технических регламентов  
Table 2. Probable economic damage from violations of requirements of some technical regulations

Наименование технического регламента / Technical regulations	Всего сумма (ущерб) наложенных штрафов по всем статьям КоАП РФ, тыс. руб. / Total amount (loss) of fines imposed for all articles of the Code of the Russian Federation on Administrative Offenses, thousand rubles	В том числе сумма (ущерб) наложенных штрафов по ст. 14.43. КоАП РФ, тыс. руб. / Including the amount (loss) of fines imposed under Article 14.43. of the Code of the Russian Federation on Administrative Offenses, thousand rubles
ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» / TR CU 021/2011, On food safety	40776,0	33852,65
ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки» / TR CU 022/2011, On food product labeling	7661,5	5326,57
ТР ТС 023/2011 «Технический регламент на соковую продукцию из фруктов и овощей» / TR CU 023/2011, On juice products made of fruits and vegetables	41,0	30,75
ТР ТС 024/2011 «Технический регламент на масло-жировую продукцию» / TR CU 024/2011, On safety of fats and oils	345,0	258,75
ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции» / TR CU 033/2013, On safety of milk and dairy products	5548,5	4071,30
ТР ТС 034/2013 «О безопасности мяса и мясной продукции» / TR CU 034/2013, On safety of meat and meat products	3430,5	2560,80
ТР ЕАЭС 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбной продукции» / TR EEU 040/2016, On safety of fish and fish products	822,0	692,21
Итого / Total	58624,5	46793,0

<sup>3</sup> Гражданский кодекс Российской Федерации.

риск (предприятие, на котором требуется разработка, внедрение и актуализация системы менеджмента, вплоть до приостановления деятельности предприятия), 53,3 % — риск недопустимый (предприятие, на котором требуется разработка корректирующих мероприятий практически по всем процедурам)<sup>4</sup>. Такая оценка предприятий объясняется тем, что они заинтересованы увидеть реальную картину по проблемным вопросам выполнения обязательных требований и не скрывают недостатков в связи с отсутствием штрафных санкций за выявленные нарушения. Доверие предприятий объясняется тем, что по результатам аудита выдается полная информация о несоответствиях и рекомендации по их устранению. Более углубленная оценка предприятий при проведении аудитов говорит о высокой вероятности изготовления некачественного продукта, небезопасного для здоровья потребителей, что позволяет предположить, что около 70 % предприятий своевременно не выполняют требования, указанные в предписаниях. При рассмотрении дел по административным правонарушениям в судебном порядке, как правило, к хозяйствующим субъектам относятся лояльно, снижая меру административных наказаний. Однако при строгом применении мер административных взысканий к организациям потенциальный минимальный экономический ущерб от штрафов в 2019 году для юридических лиц возрос бы на 120 600 тыс. руб. (с 65 600 тыс. руб. до 186 200 тыс. руб.), для индивидуальных предпринимателей на 2230 тыс. руб. (с 12 690 тыс. руб. до 14 920 тыс. руб.), а максимальный на 110 600 тыс. руб. и 580 тыс. руб.

(с 155 400 тыс. руб. до 266 000 тыс. руб. и 18 070 тыс. руб. до 18 650 тыс. руб.) соответственно. Так, на примере розничной торговли, при приостановлении деятельности хозяйствующего субъекта на 30 суток потенциальный ущерб одного хозяйствующего субъекта составил бы 1,164 млн руб., а на 90 суток — 3,492 млн руб. За 2019 год в Свердловской области была приостановлена деятельность 9 предприятий розничной торговли. Общий потенциальный ущерб при приостановлении деятельности на 30 суток составил 10,476 млн руб., а на 90 суток — 31,428 млн руб.

Исходя из вышеизложенного можно утверждать, что риск причинения вреда здоровью и ущерба материальным ценностям потребителя, а также экономический ущерб хозяйствующим субъектам обуславливается несколькими факторами, которые указаны в табл. 3.

Основным значимым фактором, оказывающим влияние на экономический ущерб потребителю, являются кишечные инфекции, а хозяйствующему субъекту — административные взыскания, в том числе приостановка деятельности.

Однако необходимо учесть, что рассчитанный экономический ущерб для хозяйствующих субъектов является условным в связи с отсутствием некоторых коммерческих данных и неопределенностей расчетов потенциального ущерба от приобретенной некачественной продукции, в том числе по жалобам.

**Обсуждение.** Таким образом, невыполнение обязательных требований субъектами предпринимательской деятельности влечет

Таблица 3. Факторы, обуславливающие совокупный экономический ущерб потребителей и хозяйствующих субъектов при обращении несоответствующей пищевой продукции за 2019 г.

Table 3. Factors contributing to the cumulative economic damage to consumers and economic operators from nonconforming food products in 2019

№ п/п / Ser. No	Факторы, формирующие экономический ущерб при обращении несоответствующей пищевой продукции / Factors contributing to economic damages from nonconforming food products	Экономический ущерб за 2019 г. / Economic damage for 2019	
		потребители, тыс. руб. / consumers, thousand rubles	хозяйствующие субъекты, тыс. руб. / economic operators, thousand rubles
1	Некачественная пищевая продукция, по результатам лабораторных испытаний, приобретаемая потребителем / Poor quality food products purchased by the consumer based on laboratory test results	25,1	25,1
2	Обращения (жалобы) потребителей на некачественную продукцию и несоответствующую маркировку (информацию для потребителя) / Consumer complaints regarding low-quality products and inadequate/insufficient labelling	134,0	134,0
3	Кишечные инфекции / Intestinal infections	6640,3	—
4	Изъятая из оборота пищевая продукция / Food products withdrawn from the market	—	13 471,3
5	Утилизация несоответствующей продукции / Disposal of nonconforming foodstuffs	—	25 355,5
6	Административные штрафы по ст. 14.43 и 14.45 КоАП РФ / Administrative fines under Articles 14.43 and 14.45 of the Code of the Russian Federation on Administrative Offenses	—	173 470
7	Приостановка деятельности на 30 суток / Suspension of activities for 30 days	—	10 476
8	Приостановка деятельности на 90 суток / Suspension of activities for 90 days	—	31 428
Совокупный экономический ущерб за 2019 г. / Cumulative economic loss for 2019		6799,4	254 359,9

<sup>4</sup> МР 5.1.0096—14 «Методические подходы к организации оценки процессов производства (изготовления) пищевой продукции на основе принципов ХАССП» (утв. Роспотребнадзором 18.12.2014). М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2015. 35 с.

за собой угрозы имущественного характера и риски причинения вреда здоровью потребителей. К общим убыткам предприятий пищевой промышленности, торговли и общественного питания необходимо отнести фактор наличия административной нагрузки. При этом угрозы, обусловленные многочисленными нарушениями обязательных требований нормативных правовых актов объектами контрольно-надзорной деятельности, не устраняются [14].

В результате приобретения некачественной пищевой продукции, не соответствующей нормативам по физико-химическим, микробиологическим показателям и ее фальсификации, формируется потенциальный риск причинения вреда здоровью и нанесения ущерба материальным ценностям потребителя, который практически не учитывается в совокупном экономическом ущербе хозяйствующих субъектов. Например, при кишечных инфекциях хозяйствующий субъект практически не возмещает ущерб потребителю, а экономический ущерб несет государство.

Обращения потребителей по поводу некачественной продукции и несоответствующей маркировки более чем в 90 % случаев удовлетворяются, но компенсация морального и материального ущерба незначительна, по этой причине большая часть потребителей не жалуются. Согласно современной судебной практике за моральный ущерб потребителям присуждаются незначительные суммы. Например, пострадавшим от услуг общественного питания – в среднем от 5 до 20 тыс. руб., пострадавшим от продавцов продовольственных товаров – в среднем от 500 руб. до 3 тыс. руб. При этом защита прав потребителей является длительной по времени и ресурсам, затраченным на предоставление доказательств в суде [15]. Современный потребитель становится более грамотным в вопросах защиты своих прав, имеет возможность получать достоверную информацию о законопослушных и нарушающих обязательные требования предприятиях. Он акцентирует внимание на качестве и маркировке продукции (состав, срок годности, изготовитель) и при обнаружении несоответствия предъявляет претензии. Следовательно, растет количество обращений, внеплановых проверок и, соответственно, экономический ущерб, в том числе в связи с изъятой из оборота пищевой продукцией, ее утилизацией, административными штрафами и приостановкой деятельности.

Усиление административной ответственности за производство и реализацию некачественных пищевых продуктов не может быть единственным направлением при проведении государственного контроля. Одной из важнейших задач является организация системы контрольно-надзорной деятельности таким образом, чтобы значительная роль была отведена независимой оценке соблюдения обязательных требований, а также внутреннему производственному контролю с применением принципов ХАССП<sup>5</sup>, предусматривающему самообследование. Современная

система управления рисками позволяет переориентировать деятельность пищевых организаций на направления, характеризующиеся низким уровнем риска и устойчивым добросовестным поведением, способствующим минимизации угроз и вмешательства надзорных органов. Надзорные органы, в свою очередь, при изменении степени риска причинения вреда (ущерба) изменяют интенсивность контрольных (надзорных) мероприятий, что позволяет снизить нагрузку на бизнес и сделать контрольно-надзорную деятельность более эффективной [16]. В этом случае плановые контрольные (надзорные) мероприятия будут проводиться с учетом особенностей, установленных федеральным законом о государственном контроле.

Периодичность включения объектов в план проверок зависит от присвоенной им категории риска. В план проверок, составленный на основе приоритетных проблем санитарно-эпидемиологической обстановки, включаются объекты, формирующие основные риски для здоровья населения. То есть при высоких рисках выпуска опасной пищевой продукции увеличивается перечень факторов, оказывающих влияние на экономический ущерб.

Если рассматривать структуру пищевых объектов по категориям риска, то следует отметить увеличение в 2019 году по сравнению с 2018 годом на 15,5 % доли предприятий категории чрезвычайно высокого риска и высокого риска, к которым в первую очередь относятся объекты по производству молочной (40,3 %) и мясной (20,4 %) продукции. К категории значительного риска в 2019 г. отнесены 52,6 % предприятий по производству рыбы и рыбной продукции. Данным объектам для снижения категории риска требуется внедрение более эффективного управления рисками, включающего применение политики, процедур, процессов управления, анализ, оценку и контроль рисков, являющихся элементами системы менеджмента безопасности пищевой продукции [17]. Кроме того, современное законодательство позволяет субъектам предпринимательской деятельности использовать другие механизмы, направленные на снижение категории риска (проведение независимой оценки, самообследование), которые способствуют оптимизации затрат, расстановке приоритетов при оценке потенциальных рисков и выполнению превентивных мероприятий.

В число важнейших задач предприятия в системе управления качеством и безопасностью пищевых продуктов входит управление жалобами, направленное на обеспечение удовлетворенности потребителей, поиск и оценку факторов, вызывающих недовольство [18, 19].

Одним из стимулирующих механизмов обеспечения качества и безопасности пищевой продукции, который не получил широкого распространения в России, является страхование ответственности производителей и продавцов. Тем не менее при поиске и обсуждении финансовых инструментов повышения ответственности за качество продукции

<sup>5</sup> Анализ опасностей и критические контрольные точки (от англ. — Hazard Analysis and Critical Control Points). НАССР (ХАССП) — это документированная система, которая обеспечивает идентификацию опасных факторов, установление критических контрольных точек и предупреждающих мер и внедрение системы проверок.

страхование с каждым годом становится все более важным [12]. Следует отметить, что в зарубежной практике эффективным экономическим механизмом управления рисками при обращении несоответствующей пищевой продукции наряду с государственным надзором является страхование ответственности [20–22].

Страхование ответственности за качество и безопасность пищевой продукции – альтернативный и перспективный способ управления, направленный на обеспечение систематизации при выполнении обязательных требований, защите потребителей от угроз здоровью и ущербу, наносимого материальным ценностям. Данный вид страхования имеет важное значение для развития экономики страны в современных условиях. Смысл заключается в том, чтобы увеличить долю затрат на превентивные мероприятия и предотвращение причинения вреда и риска для здоровья потребителей, то есть перейти от методов устранения последствий к методологии предупреждения возникновения рисков ситуации, минимизации риска и тем самым к уменьшению ущерба [23]. Эффективность данного подхода можно оценить, проанализировав соответствующие затраты, расходы и потери от невыполнения обязательных требований законодательства.

Комплексное использование различных форм контроля значительно увеличит шансы на достижение желаемого результата, а именно получение качественной и безопасной пищевой продукции, снижение угроз причинения вреда здоровью, ущерба материальным ценностям потребителей и хозяйствующих субъектов [24].

#### Выводы

Риски причинения вреда потребителю и экономические ущербы хозяйствующих субъектов при нарушении обязательных требований приводят к серьезным последствиям как для потребителя, так и для хозяйствующих субъектов, особенно для производителей молочной и мясной продукции. Для их сокращения назрела необходимость применения более эффективных подходов к обеспечению качества и безопасности пищевой продукции. Одним из альтернативных и перспективных способов управления качеством и безопасностью пищевой продукции является страхование ответственности производителей и продавцов за причинение вреда (ущерба), которое займет существенное место в снижении финансовой нагрузки на потребителя, хозяйствующие субъекты и надзорные органы.

**Информация о вкладе авторов:** Гурвич В.Б. – концепция и дизайн исследования, редактирование текста, утверждение окончательного варианта; Мажаева Т.В. – концепция и дизайн исследования, сбор, обработка и анализ материала, написание текста, редактирование текста, ответственная за цельность всех частей текста, утверждение окончательного варианта статьи; Сеницына С.В. – концепция и дизайн исследования, сбор, обработка и анализ материала, написание текста, редактирование текста; Козубская В.И. – анализ материала, написание текста, редактирование текста; Борцова Е.Л. – обработка и анализ материала, редактирование текста; Шелунцова Н.Г. – сбор, обработка и анализ материала.

**Финансирование:** работа не имела спонсорской поддержки, никто из авторов не имеет финансовой

заинтересованности в представленных материалах или методах.

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Список литературы (пп. 4–11, 17–21 см. References)

1. Боговиз А.В., Осипов В.С., Бугай Ю.А., Миненко А.В. Продовольственная безопасность как основа государственной аграрной политики // Экономика сельского хозяйства России. 2017. № 5. С. 2–6.
2. Елисеева Л.Г., Махотина И.А., Калачев С.Л. Обеспечение государственного контроля за безопасностью пищевой продукции в России // Национальная безопасность/NOTA BENE. 2019. № 2. С. 1–14.
3. Паппэ Я.Ш., Антоненко Н.С., Ползиков Д.А. Продовольственная безопасность России: современный подход // Проблемы прогнозирования. 2017. № 3 (162). С. 62–74.
12. Кузнецова Н.В. К вопросу о страховании ответственности за качество как эффективном инструменте защиты интересов изготовителей и потребителей // Известия Байкальского государственного университета. 2017. Т. 27. № 2. С. 178–185.
13. Калмыкова А.В. Административная ответственность в сфере технического регулирования в государствах-членах Евразийского экономического союза // Журнал зарубежного законодательства и сравнительного правоведения. 2019. № 4 (77). С. 76–91.
14. Ноздрачев А.Ф., Зырянов С.М., Калмыкова А.В. Реформа государственного контроля (надзора) и муниципального контроля // Журнал российского права. 2017. № 9 (949). С. 34–46.
15. Козубская В.И., Сеницына С.В., Мажаева Т.В. Возможные механизмы мотивации участников оборота пищевой продукции в ее качестве и безопасности // Индустрия питания. 2019. Т. 4. № 1. С. 63–71.
16. Шапиева О.Г. О новациях в законодательстве, регулирующем взаимоотношения контрольно-надзорных органов и бизнеса // Прокурор. 2016. № 3. С. 95–96.
22. Борцова Е.Л., Мажаева Т.В., Косачева А. Вопросы страхования услуг общественного питания // Евразийский союз ученых. 2015. № 4-1 (13). С. 45–48.
23. Гусева Т.Б., Караньян О.М., Куликовская Т.С. Оценка рисков для обеспечения безопасности и качества пищевых продуктов при длительном хранении // Инновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд. 2018. № 10 (10). С. 97–110.
24. Попова О.В., Примак Т.К., Федоров М.В. Ответственность за правонарушения в области изготовления и обращения пищевой продукции в свете административной реформы // Вестник экономической безопасности. 2020. № 4. С. 44–51.

#### References

1. Bogoviz AV, Osipov VS, Bugay YuA, Minenko AV. Food security is as basis of the state agrarian policy. *Ekonomika Selskogo Khozyaystva Rossii*. 2017;(5):2–6. (In Russian).
2. Eliseeva LG, Makhotina IA, Kalachev SL. Ensuring government control over food safety in Russia. *Natsionalnaya Bezopasnost / Nota Bene*. 2019;(2):1–14. (In Russian). doi: 10.7256/2454-0668.2019.2.29063
3. Pappé YS, Antonenko NS, Polzikov DA. Modern approach to the food security of Russia. *Problemy Prognozirovaniya*. 2017;(3(162)):62–74. (In Russian).
4. Hassan NAA. Role of Implementation of ISO 22000:2005 on Consumer Satisfaction in Matthew Poultry Company Sudan. Master Thesis. Sudan University of Science & Technology. 2019:1–91.

5. Flint JA, Van Duynhoven YT, Angulo FJ, *et al.* Estimating the burden of acute gastroenteritis, foodborne disease, and pathogens commonly transmitted by food: an international review. *Clin Infect Dis.* 2005;41(5):698–704. doi: 10.1086/432064
6. Buzby JC, Roberts T. The economics of enteric infections: human foodborne disease costs. *Gastroenterology.* 2009;136(6):1851–62. doi: 10.1053/j.gastro.2009.01.074
7. Hoffmann S, Batz MB, Morris JG Jr. Annual cost of illness and quality-adjusted life year losses in the United States due to 14 foodborne pathogens. *J Food Prot.* 2012;75(7):1292–1302. doi: 10.4315/0362-028XJFP-11-417
8. Nurettin A, Sünbül K. Turistlerin gıda güvenliği bilgisinin şikâyet etme davranışına etkisi. *Seyahat ve Otel İşletmeciliği Dergisi.* 2019;16(2):244–258. (In Turkish).
9. Mohaydin G, Chand A, Aziz B, Bashir M, Irfan J. Effect of food quality on customer perceived satisfaction level and mediating effect of food safety on them. *IJNTR.* 2017;3(1):34–41.
10. Özkan Ç, Boz M. Managing consumer complaints: Tripadvisor Case in Çanakkale. *City Tourism.* 2019;42.
11. Bezpartochnyi M. European model of consumer protection. 2016. P. 50–65.
12. Kuznetsova NV. On the issue of quality liability insurance as an effective instrument of protection of interests of manufacturers and consumers. *Izvestiya Baykalskogo Gosudarstvennogo Universiteta.* 2017;27(2):178–185. (In Russian). doi: 10.17150/2500-2759.2017.27(2).178-185
13. Kalmykova AV. Administrative responsibility in the field of technical regulation in the member states of the Eurasian Economic Union. *Zhurnal Zarubezhnogo Zakonodatelstva i Sravnitel'nogo Pravovedeniya.* 2019;4(77):76–91. (In Russian). doi: 10.12737/jflcl.2019.4.6
14. Nozdrachev AF, Zyryanov SM, Kalmykova AV. Reform of state control (supervision) in the Russian Federation. *Zhurnal Rossiyskogo Prava.* 2017;9(249):34–46. (In Russian). doi: 10.12737/article\_599d74421f88b5.06552344
15. Kozubskaya VI, SinitSYna SV, Mazhaeva TV. Possible motivation mechanisms in the quality and safety for the food turnover participants. *Industriya Pitaniya.* 2019;4(1):63–71. (In Russian).
16. Shapiyeva OG. On innovations in the legislation regulating the relationship between control and supervisory authorities and business. *Prokuror.* 2016;(3):95–96. (In Russian).
17. Samimi A, Samimi M. Investigation of risk management in food industry. *IJASHSS.* 2020;9(3):195–204. doi: 10.22034/IJASHSS.2020.253984.1016
18. Kiliç U, Emel S. Şikâyet yönetimi ve hizmet iyileştirme stratejileri: Yiyecek içecek işletmeleri örneği. *Safran Kültür ve Turizm Araştırmaları Dergisi.* 2019;2(3):463–486. (In Turkish).
19. Şahin B, Kazaoğlu İH, Sönmez B. Konaklama işletmelerine yönelik seyahat sitelerinde yer alan şikâyetler üzerine bir inceleme: Bişkek örneği. *MANAS Sosyal Araştırmalar Dergisi.* 2017;6(5):163–177. (In Turkish).
20. Aschemann-Witzel J, Jensen JH, Jensen MH, Kulikovskaja V. Consumer behaviour towards price-reduced suboptimal foods in the supermarket and the relation to food waste in households. *Appetite.* 2017;116:246–258. doi: 10.1016/j.appet.2017.05.013
21. Hamzah H. The importance of product liability insurance in Indonesia: A preliminary analysis. *Journal of Legal, Ethical and Regulatory Issues.* 2020;23(2):1–7.
22. Bortsova EL, Mazhayeva TV, Kosacheva A. [Issues of insurance of public catering services.] *Evrasiyskiy Soyuz Uchenykh.* 2015;(4–1(13)):45–48. (In Russian).
23. Guseva TB, Karanyan OM, Kulikovskaya TS. Risk assessment for procuring food safety and quality during long-term storage. *Innovatsionnye Tekhnologii Proizvodstva i Khraneniya Materialnykh Tsennostey dlya Gosudarstvennykh Nuzhd.* 2018;(10(10)):97–110. (In Russian).
24. Popova OV, Primak TK, Fedorov MV. Responsibility for violations in the field of manufacturing and handling of food products in the light of administrative reform. *Vestnik Ekonomicheskoy Bezopasnosti.* 2020;(4):44–51. (In Russian).

Статья получена: 22.04.21  
 Принята в печать: 08.06.21  
 Опубликована: 30.06.21



© Эйфельд Д.А., Штина И.Е., Маклакова О.А., Валина С.Л., 2021

УДК 572.087–613.955

## Оценка функциональных резервов кардиореспираторной системы у учащихся кадетского корпуса

Д.А. Эйфельд<sup>1</sup>, И.Е. Штина<sup>1</sup>, О.А. Маклакова<sup>1,2</sup>, С.Л. Валина<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, ул. Монастырская, д. 82, г. Пермь, 614045, Российская Федерация

<sup>2</sup>ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», ул. Букирева, д. 15, г. Пермь, 614990, Российская Федерация

**Резюме.** *Введение.* Обучение в кадетском корпусе предполагает увеличение двигательной активности, что влияет на уровень функциональных возможностей систем адаптации. *Цель исследования.* Изучить особенности функциональных резервов кардиореспираторной системы у учащихся кадетского корпуса. *Методы.* Группу наблюдения составили 74 кадета в возрасте 10–13 лет, группу сравнения – 26 мальчиков, обучающихся в средней общеобразовательной школе (СОШ). Изучение режима физической нагрузки проведено с помощью анкетирования. Оценка тренированности, физической работоспособности выполнена по данным биоимпедансного анализа состава тела и динамометрии. Функциональное состояние кардиореспираторной системы оценивали по показателям пробы задержки дыхания на вдохе и выдохе, индекса Скибинской, спирографии, кардиоинтервалографии с выполнением активной клиноортостатической пробы. Статистический анализ проведен с применением стандартных методов. *Результаты.* Каждый второй кадет регулярно занимается физкультурой и спортом. Физическое развитие кадетов характеризуется более высокими значениями фазового угла, активной клеточной и скелетно-мышечной массы, динамометрии. Функциональные резервы кардиореспираторной системы по индексу Скибинской, значения времени задержки дыхания на вдохе и выдохе у кадетов превышали в 1,3–1,7 раза показатели учащихся СОШ; количество детей с хорошими результатами проб в группе наблюдения было в 1,4–3,3 раза больше. У кадетов показатели кардиоинтервалографии ВР, ИВР, ВПР и ИН в 1,2–1,6 раза значимо отличались от показателей группы сравнения и свидетельствовали об активации парасимпатического отдела вегетативной нервной системы в покое и симпатического отдела при нагрузке на стресс-фактор. Каждый третий ребенок группы наблюдения имел исходную ваготонию, гипертоническую реакцию встречалась в единичных случаях. При проведении нагрузочного теста у 60,8 % кадет регистрировали гипертонический вариант вегетативной реактивности. *Выводы.* Достаточная двигательная активность кадет улучшает показатели физического развития и мышечной силы, что сопровождается увеличением функциональных резервов дыхательной и сердечно-сосудистой систем. Однако наличие гипертонической вегетативной реактивности может свидетельствовать о напряжении процессов адаптации при нагрузке.

**Ключевые слова:** физическое развитие; кардиореспираторная система, адаптационные резервы.

**Для цитирования:** Эйфельд Д.А., Штина И.Е., Маклакова О.А., Валина С.Л. Оценка функциональных резервов кардиореспираторной системы у учащихся кадетского корпуса // Здоровье населения и среда обитания. 2021. № 6 (339). С. 65–70. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-339-6-65-70>

### Информация об авторах:

✉ Эйфельд Дарья Александровна – канд. биол. наук, заместитель директора по общим вопросам ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения»; e-mail: [eisfeld@list.ru](mailto:eisfeld@list.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0442-9010>.

Штина Ирина Евгеньевна – канд. мед. наук, зав. лабораторией комплексных проблем здоровья детей с клинической группой медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения»; e-mail: [shtina\\_irina@fcrisk.ru](mailto:shtina_irina@fcrisk.ru); ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5017-8232>.

Маклакова Ольга Анатольевна – д-р мед. наук, заведующая консультативно-поликлиническим отделением Федерального научного центра медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения; доцент кафедры экологии человека и безопасности жизнедеятельности ФГАОУ ВПО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»; e-mail: [olga\\_mcl@fcrisk.ru](mailto:olga_mcl@fcrisk.ru); ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9574-9353>.

Валина Светлана Леонидовна – канд. мед. наук, заведующий отделом гигиены детей и подростков ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения»; e-mail: [doc.valina@yandex.ru](mailto:doc.valina@yandex.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1719-1598>.

## Assessment of Functional Reserves of the Cardiorespiratory System in Students of Cadet Corps

D.A. Eisfeld,<sup>1</sup> I.E. Shtina,<sup>1</sup> O.A. Maklakova,<sup>1,2</sup> S.L. Valina<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, 82 Monastyrskaya Street, Perm, 614045, Russian Federation

<sup>2</sup>Perm State National Research University, 15 Bukirev Street, Perm, 614990, Russian Federation

**Summary.** *Introduction:* Training in the cadet corps involves an increase in motor activity, which affects the level of functional capabilities of adaptation systems. The *objective* of our work was to study the features of functional reserves of the cardiorespiratory system in cadets. *Materials and methods:* The observation group consisted of 74 cadets aged 10–13 years; the comparison group consisted of 26 secondary school boys. The study of the mode of physical activity was carried out using a questionnaire. Evaluation of fitness and physical performance was carried out according to bioimpedance analysis of body composition and dynamometry. The functional state of the cardiorespiratory system was assessed by the parameters of the breath holding test during inhalation and exhalation, the Skibinskaya index, spirography, cardiointervallography with an active clinostatic test. Statistical analysis was performed using standard methods. *Results:* Every second cadet regularly goes in for physical education and sports. The physical development of cadets is characterized by higher values of the phase angle, active cellular and musculoskeletal mass, and dynamometry. The functional reserves of the cardiorespiratory system according to the Skibinskaya index, the values of the breath holding time during inhalation and exhalation in cadets were 1.3–1.7 times higher than those in secondary school boys; the number of children with good test results in the observation group was 1.4–3.3 times more than that in the controls. The indices of cardiointervallography (variation range, vegetative balance index, vegetative balance index, and tension index) in cadets differed significantly from those in the comparison group (by 1.2–1.6 times) and indicated the activation of the parasympathetic part of the autonomic nervous system at rest and the activity of the sympathetic part under load in response to a stress factor. Every third child in the observation group had an initial vagotonia; hypersympathetic reaction was found in isolated cases. A hypersympathetic variant of autonomic reactivity was registered in 60.8 % of cadets during the exercise test. *Conclusion:* Sufficient physical activity of cadets improves the indices of physical development and muscle strength, which is accompanied by an increase in the functional reserves of the respiratory and cardiovascular systems. However, the presence of hypersympathetic autonomic reactivity may indicate tension of adaptation processes during exercise.

**Keywords:** cadets, physical development, cardiorespiratory system, adaptation reserves.

**For citation:** Eisfeld DA, Shtina IE, Maklakova OA, Valina SL. Assessment of functional reserves of the cardiorespiratory

system in students of cadet corps. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021; (6(339)):65–70. (In Russian). doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-339-6-65-70>

**Author information:**

✉ Darja A. **Eisfeld**, Candidate of Biological Sciences, Deputy Director for General Issues, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing (Rospotrebnadzor); e-mail: [eisfeld@list.ru](mailto:eisfeld@list.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0442-9010>.

Irina E. **Shtina**, Candidate of Medical Sciences, Head of the Laboratory of Complex Problems of Children's Health with a Clinical Group of Medical and Preventive Technologies for Managing Public Health Risks, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies; e-mail: [shtina\\_irina@fcrisk.ru](mailto:shtina_irina@fcrisk.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5017-8232>.

Olga A. **Maklakova**, D.M.Sc., Head of the Consultative Polyclinic Department, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies; Associate Professor, Department of Human Ecology and Life Safety, Perm State National Research University; e-mail: [olga\\_mcl@fcrisk.ru](mailto:olga_mcl@fcrisk.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9574-9353>.

Svetlana L. **Valina**, Candidate of Medical Sciences, Head of the Department of Pediatric Hygiene, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies; e-mail: [doc.valina@yandex.ru](mailto:doc.valina@yandex.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1719-1598>.

**Введение.** В настоящее время в Российской Федерации активно развивается кадетское образование. Достаточная физическая активность имеет важнейшее значение для укрепления здоровья детей, включая улучшение состояния органов дыхания, сердечно-сосудистой, костно-мышечной систем, поддержание оптимальной массы тела, а также уровень психосоциального развития личности<sup>1</sup> [1–3]. По данным ВОЗ<sup>2</sup> и научных исследований, только у каждого пятого подростка двигательная активность соответствует умеренной и высокой интенсивности [4–5]. Регулярные военно-спортивные тренировки в кадетском корпусе формируют выносливость организма, оказывают благоприятное влияние на состояние адаптивных процессов и способствуют сохранению уровня здоровья кадет в целом, если предъявляемые требования не превышают адаптационных возможностей организма [6–9]. Состояние вегетативной регуляции является определяющим фактором в поддержании гомеостатических констант организма на физиологическом уровне и в процессе развития адаптации к нагрузкам. Достаточная двигательная активность позитивно влияет на физическое развитие и отражается на функциональном состоянии дыхательной и сердечно-сосудистой систем [2, 10–11].

**Цель** – изучить особенности функциональных резервов кардиореспираторной системы у учащихся кадетского корпуса

**Материалы и методы.** Проведено одномоментное выборочное контролируемое исследование в период календарного (2019) года. Группу наблюдения составили 74 мальчика 10–13 лет (средний возраст  $12,03 \pm 1,4$  лет), обучающихся в режиме школы полного дня с усиленной физической подготовкой, реализующейся через предметы дополнительного кадетского образования, в общеобразовательном учреждении «Кадетский корпус» (КК). В группу сравнения включены 26 учащихся мужского пола (средний возраст  $11,9 \pm 1,3$  года/лет) средней общеобразовательной школы (СОШ). Группы сопоставимы по возрастному

критерию и социальному фактору ( $p > 0,1$ ). Из исследования были исключены дети с острыми респираторными заболеваниями, обострением хронических заболеваний и врожденной патологией.

Анализ физической активности выполнен по результатам раздаточного анкетирования учащихся и их родителей, содержащего вопросы о занятиях физкультурой вне школьной программы.

В ходе исследования выполнен анализ результатов антропометрического, клинического и инструментального исследования. С целью оценки физического развития и тренированности детей, включенных в исследование, выполнен биоимпедансный анализ (БИА) состава тела по стандартной методике на анализаторе ABC-01 «Медасс». Проведено сравнение антропометрических измерений (рост, масса, ИМТ) и значений параметров БИА: жировая масса (ЖМ, кг) и ее доля (%), активная клеточная масса (АКМ, кг) и ее доля (%), фазовый угол (ФУ, град.), скелетно-мышечная масса (СММ, кг) и ее доля (%)<sup>3</sup>. Мышечную силу учащихся оценивали по данным динамометрии правой и левой руки.

Анализ функции внешнего дыхания проведен на основании абсолютных значений показателей форсированной жизненной емкости легких (FVC) и объема форсированного выдоха за первую секунду (FEV1) по результатам спирографии, выполненной на спирографе Schiller SP-1 (Schiller AG, Швейцария).

Адаптационные резервы дыхательной и сердечно-сосудистой систем изучали с помощью функциональных проб, предусматривающих определение максимальной продолжительности произвольной задержки дыхания после вдоха (проба Штанге) и после выдоха (проба Генча), а также по индексу Скибинской (ИС), рассчитанному по формуле:  $ИС = 0,01 \text{ ФЖЕЛ} \times 3Д/ЧСС$ , где ЧСС – частота сердечных сокращений (по пульсу), уд./мин, ФЖЕЛ – форсированная жизненная емкость легких, мл; 3Д – время задержки дыхания после спокойного вдоха, секунд<sup>4,5</sup>.

<sup>1</sup> Образовательное право. Законодательство об образовании. Информационный портал. Современное кадетское образование в России: состояние нормативно-правового регулирования. Available at: [http://www.lexed.ru/obrazovatelnoe-pravo/analitika/detail.php?ELEMENT\\_ID=5495](http://www.lexed.ru/obrazovatelnoe-pravo/analitika/detail.php?ELEMENT_ID=5495)

<sup>2</sup> ВОЗ. Подростки: риски для здоровья и их пути решения. Available at: <https://www.who.int/ru/news-room/factsheets/detail/adolescents-health-risks-and-solutions>.

<sup>3</sup> Николаев Д.В., Щелькалина С.П. Лекции по биоимпедансному анализу состава тела человека. М., 2016.

<sup>4</sup> Малозёмов О.Ю., Жданов Ю.С. Подготовка и проведение методико-практических занятий по дисциплине «Физическая культура и спорт» в вузе: методические указания для обучающихся всех специальностей по дисциплине «Физическая культура и спорт». Екатеринбург, 2020. 30 с.

<sup>5</sup> Кильдиярова Р.Р. Лабораторные и функциональные исследования в практике педиатра [Электронный ресурс]. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2015. 192. Режим доступа: <https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785970433911.html> (дата обращения: 02.09.2019).

Для оценки вегетативного статуса обучающихся выполнена оценка variability ритма сердца на основании результатов кардиоинтервалографии (КИГ) с клиноортостатической пробой («Поли-Спектр-8/ЕХ», Нейрософт, Россия). Анализировались следующие параметры вариационной пульсометрии по Баевскому Р.М.: мода ( $M_o$ , с), амплитуда моды ( $A M_o$ , %), вариационный размах ( $B P$ , с), индекс вегетативного равновесия (ИВР), вегетативный показатель ритма (ВПР, у.е.), индекс напряженности (ИН, у.е.). Повышение  $M_o$ ,  $B P$  при снижении  $A M_o$ , ИН, ИВР, ВПР расценивали как преобладание парасимпатического звена вегетативной регуляции, обратное изменение данных параметров оценивали как доминирование симпатического звена. По стандартной методике проведена оценка исходного вегетативного тонуса и вегетативной реактивности<sup>6,7</sup>.

Исследование проведено с соблюдением правил медицинской этики, одобрено Этическим комитетом ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения». У всех законных представителей обследованных детей предварительно было получено добровольное информированное согласие.

Статистический анализ параметрических и непараметрических данных проведен с применением методов стандартной статистики и пакета статистических функций Microsoft Excel, 2010. Выполнен расчет величин среднегрупповых значений ( $M$ ) и ошибки средней арифметической ( $m$ ) параметров ( $M \pm m$ ), сравнение относительных значений с помощью критерия  $\chi^2$  и корреляционный анализ для выявления связей между факторами и результирующими показателями. Различия считали статистически значимыми при заданном  $p \leq 0,05$ .

**Результаты.** Оценка двигательной активности школьников по результатам анкетирования показала, что доля кадет, занимающихся спортом регулярно (5 и более раз в неделю), в 2,1 раза больше относительно учащихся СОШ (56,5 % против 27 %,  $p = 0,007$ ), занимающихся через день – меньше в 1,5 раза (43,6 % против 65,4 %,  $p = 0,04$ ), среди учащихся СОШ выявлено 7,7 %

детей, посещающих спортивные секции редко (реже 2 раз в неделю), при отсутствии таковых среди кадет ( $p = 0,003$ ).

На основании результатов БИА состава тела, представленных в табл. 1, установлено, что средние значения роста, веса и индекса массы тела у учащихся исследованных образовательных организаций достоверно не отличались. У мальчиков, обучающихся в кадетском корпусе, регистрировали более высокие значения параметров, характеризующих физическое развитие, тренированность и двигательную активность: фазовый угол ( $p < 0,001$ ); активная клеточная масса ( $p = 0,007$ ) и ее доля ( $p < 0,001$ ); скелетно-мышечная масса ( $p = 0,08$ ) и ее доля ( $p = 0,04$ ). Значения жировой массы и ее доли у воспитанников кадетского корпуса были в 1,4–1,6 раза ниже аналогичных показателей в СОШ ( $p = 0,0005–0,004$ ) (табл. 1). Позитивное влияние регулярности занятий физической культурой на уровень тренированности подтверждено полученной зависимостью между частотой занятий и фазовым углом ( $r = 0,21$ ;  $p = 0,01$ ).

Сравнительный анализ результатов динамометрии показал большие средние значения у учащихся кадетского корпуса относительно учащихся СОШ в 1,4 и 1,3 раза правой и левой руки соответственно ( $25,67 \pm 1,42$  против  $18,85 \pm 2,41$  Н и  $23,77 \pm 1,18$  против  $17,90 \pm 2,06$  Н;  $p < 0,001$ ). В ходе корреляционного анализа получены зависимости изучаемых параметров: ФУ – результаты динамометрии ( $r = 0,43–0,44$ ;  $p < 0,001$ ). Результаты компонентного состава тела и динамометрии свидетельствуют о физической тренированности учащихся кадетского корпуса.

При оценке функциональных резервов кардиореспираторной системы установлено, что среднее значение ИС в группе наблюдения было в 1,7 раза выше группы сравнения ( $p < 0,001$ ), пробы Штанге и пробы Генча – в 1,3 раза ( $p < 0,001$ ) (табл. 2). В группе наблюдения хорошие результаты значения ИС регистрировали у детей в 3,3 раза чаще ( $p = 0,03$ ), а сниженные показатели пробы Штанге и Генча – в 1,4–1,5 раза реже относительно

Таблица 1. Показатели биоимпедансного анализа состава тела у детей,  $M \pm m$   
Table 1. Indicators of bioimpedance analysis of body composition in children,  $M \pm m$

Показатель / Parameter	Группа наблюдения / Observation group	Группа сравнения / Comparison group	p
Рост, см / Height, cm	155,72 ± 3,17	153,60 ± 3,96	0,42
Вес, кг / Weight, kg	45,19 ± 2,99	46,31 ± 4,9	0,72
ИМТ, кг/м <sup>2</sup> / BMI, kg/m <sup>2</sup>	18,39 ± 0,69	19,32 ± 0,46	0,29
Фазовый угол 50 кГц, град / Phase angle 50 kHz, degrees	6,28 ± 0,56	5,81 ± 0,44	0,000
ЖМ, % / Fat mass, %	77,02 ± 10,06	121,34 ± 25,59	0,004
Доля ЖМ, % / Proportion of fat mass, %	15,06 ± 5,90	21,45 ± 8,41	0,0005
АКМ, % / Active cell mass, %	90,02 ± 3,38	82,89 ± 3,8	0,007
Доля АКМ, % / Proportion of active cell mass, %	55,03 ± 1,33	52,67 ± 1,42	0,000
СММ, % / Musculoskeletal mass, %	118,37 ± 5,4	109,83 ± 6,15	0,04
Доля СММ, % / Proportion of musculoskeletal mass, %	58,05 ± 0,88	56,35 ± 1,57	0,08

<sup>6</sup> Баевский Р.М., Иванов Г.Г., Чирейкин Л.В., Гаврилушкин А.П., Довгалецкий П.Я., Кукушкин Ю.А. и соавт. Анализ variability сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (методические рекомендации). Вестник аритмологии. 2001;(24):65–86.

<sup>7</sup> Михайлов В.М. Variability ритма сердца: опыт практического применения метода. Иваново, 2002.

группы сравнения ( $p = 0,02-0,007$ ). Кроме того, в группе наблюдения показатели форсированной жизненной емкости легких и объем форсированного выдоха за первую секунду были значимо выше ( $p = 0,03-0,05$ ). Влияние степени физического развития на функциональное состояние подтверждено полученными зависимостями между показателями БИА и параметрами кардиореспираторных проб: ФУ – значение ИС ( $r = 0,45$ ;  $p < 0,001$ ), СММ – значение ИС ( $r = 0,43$ ;  $p < 0,001$ ), доля СММ – время задержки дыхания на вдохе и выдохе ( $r = 0,025-0,46$ ;  $p < 0,05$ ), доля СММ, ФУ – ФЖЕЛ и ОФВ1 ( $r = 0,29-0,41$ ;  $p < 0,01$ ).

По данным вариационной пульсометрии по Баевскому Р.М., у кадет в состоянии покоя в регуляции сердечного ритма преобладает парасимпатическое влияние, о чем свидетельствовало увеличение в 1,3 раза показателя ВР ( $p = 0,02$ ) при снижении значений АМо в 1,2 раза ( $p = 0,06$ ), ИВР – в 1,5 раза ( $p = 0,04$ ), ВПР – в 1,4 раза ( $p = 0,02$ ), ИН – в 1,6 раза ( $p = 0,04$ ) относительно показателей учащихся СОШ (табл. 3).

При оценке исходного вегетативного тонуса выявлено, что в группе наблюдения ваготонию регистрировали в 2,2 раза чаще, чем в

группе сравнения ( $p = 0,04$ ), в то время как гиперсимпатикотонию – в 7,1 раза реже ( $p = 0,005$ ) (табл. 3). Эйтонию наблюдали с равной частотой ( $p = 0,8$ ).

Меньшие средние значения ИВР, ВПР, ИН ( $p = 0,03$ ) на фоне большего ВР ( $p = 0,03$ ) при проведении ортостатической пробы указывают на менее выраженную активацию симпатической нервной системы на нагрузку у учащихся КК относительно учащихся СОШ, что может характеризовать более качественный адаптационный ответ на стрессовый фактор.

Анализ структуры вегетативной реактивности достоверных межгрупповых отличий не выявил (табл. 4). Гиперсимпатикотоническую вегетативную реактивность в группе наблюдения встречали в 1,3 раза чаще, но разница не имела статистической значимости ( $p = 0,2$ ).

Обсуждение. Результаты анкетирования свидетельствуют о большей приверженности кадет к занятиям физической культурой, что сопрягается с ранее проведенными исследованиями. Важными решающими факторами, влияющими на регулярность двигательной активности, на наш взгляд, является удобство проведения дополнительных занятий для учащихся кадетского корпуса и мотивирование

Таблица 2. Результаты функциональных проб кардиореспираторной системы у групп исследования  
Table 2. Results of functional tests of the cardiorespiratory system in the study groups

Результат / Result	Группа наблюдения / Observation group	Группа сравнения / Comparison group	p
Отличное значение ИС, % / Excellent value of Skibinskaya index (IS), %	4,1	0	0,40
Хорошее значение ИС, % / Good value of IS, %	25,7	7,7	0,03
Удовлетворительное значение ИС, % / Satisfactory value of IS, %	66,3	84,7	0,04
Неудовлетворительное значение ИС, % / Unsatisfactory value of IS, %	4,1	7,7	0,28
Среднее значение ИС, у.е. / Average value of IS, c.u.	26,31 ± 2,47	15,06 ± 1,46	< 0,001
Доля детей со сниженными значениями пробы Штанге, % / The proportion of children with low results of the Stange test, %	64,7	88,5	0,02
Среднее значение пробы Штанге, с / Average value of Stange sample, s	55,18 ± 2,7	42,90 ± 3,53	< 0,001
Доля детей со сниженными значениями пробы Генча, % / The proportion of children with low values of the Hench test, %	56,8	84,7	0,007
Среднее значение пробы Генча, с / Average value of the Hench sample, s	22,4 ± 1,7	17,64 ± 1,96	< 0,001
ФУ – ФЖЕЛ / Forced vital capacity, L	3,29 ± 0,14	3,02 ± 0,24	0,05
ОФВ1, л / Forced expiratory volume (FEV1), L	2,84 ± 0,11	2,60 ± 0,20	0,03

Таблица 3. Результаты вариабельности ритма сердца у детей при фоновой записи (в покое)  
Table 3. Results of measuring heart rate variability in children at rest

Показатель / Parameter	Группа наблюдения / Observation group	Группа сравнения / Comparison group	p
Показатели КИГ по Баевскому Р.М., М ± m / Results of cardiointervalography according to Baevsky R.M., M ± m			
ЧСС, уд./мин / Heart rate, beats/min	74,12 ± 2,36	77,31 ± 4,48	0,22
Мо, с / Mode, s	0,83 ± 0,03	0,79 ± 0,06	0,19
АМо, % / Mode amplitude, %	33,12 ± 2,67	38,52 ± 5,06	0,06
ВР, с / Variation range, s	0,48 ± 0,05	0,38 ± 0,07	0,02
ИВР, у.е. / Vegetative balance index, c.u.	89,42 ± 16,97	136,04 ± 40,8	0,04
ВПР, у.е. / Vegetative rhythm index, c.u.	3,10 ± 0,37	4,26 ± 0,94	0,02
ИН, у.е. / Tension index, c.u.	57,45 ± 12,27	92,44 ± 31,56	0,04
Структура исходного вегетативного тонуса, % / The structure of the initial vegetative tone, %			
Ваготония / Vagotonia	33,8	15,4	0,04
Эйтония / Eutonia	52,7	50	0,8
Симпатикотония / Sympathicotonia	10,8	15,4	0,5
Гиперсимпатикотония / Hypersympathicotonia	2,7	19,2	0,005

Таблица 4. Результаты вариабельности ритма сердца у детей при ортостатической пробе  
Table 4. Results of heart rate variability in children with orthostatic test

Показатель / Parameter	Группа наблюдения / Observation group	Группа сравнения / Comparison group	p
Показатели КИГ по Баевскому Р.М., М ± m / Results of cardiointervalography according to Baevsky R.M., M ± m			
ЧСС, уд./мин / Heart rate, beats/min	100,28 ± 2,76	101,85 ± 6,09	0,63
Мо, с / Mode, s	0,6 ± 0,02	0,6 ± 0,04	0,82
АМо, % / Mode amplitude, %	43,34 ± 2,58	47,98 ± 6,11	0,16
ВР, с / Variation range, s	0,34 ± 0,03	0,28 ± 0,05	0,03
ИВР, у.е / Vegetative balance index, c.u.	149,21 ± 17,72	231,66 ± 71,60	0,03
ВВР, у.е. / Vegetative rhythm index, c.u.	5,65 ± 0,52	7,73 ± 1,85	0,03
ИН, у.е. / Tension index, c.u.	129,84 ± 17,62	214,49 ± 77,32	0,03
Структура вегетативной реактивности, % / Structure of vegetative reactivity, %			
Асимпатикотоническая / Asympathicotonic	4,1	0	0,3
Нормальная / Normal	35,1	53,8	0,09
Гиперсимпатикотоническая / Hypersympathicotonic	60,8	46,2	0,2

учащихся образовательной организацией к здоровому образу жизни. Образовательный процесс, устроенный по типу школы полного дня, исключает необходимость выделения излишних временных и других затрат на организацию дополнительного образования детей и способствует увеличению доли учащихся с достаточной физической активностью [12–16].

Большие значения динамометрии, фазового угла, скелетно-мышечной и активной клеточной массы на фоне относительно низких значений жировой массы при равном значении ИМТ указывают на высокий уровень развития мышечной силы, тренированности и выносливости у кадет относительно учащихся СОШ. Результаты БИА компонентного состава тела, динамометрии отражены в лучших результатах функциональных проб и показателях кардиореспираторной системы, что подтверждается зависимостями между значениями параметров БИА, характеризующих двигательную активность (ФУ, СММ, АКМ), и значениями функциональных проб (ИС, время задержки дыхания на вдохе и выдохе) [17–20].

Показатели фоновой вариационной пульсометрии и структура исходного вегетативного тонуса у кадет свидетельствуют о преобладающем влиянии парасимпатической регуляции, отвечающей за экономичность автономной регуляции и отсутствие централизации управления функциями в покое, а также подтверждают позитивное влияние физических нагрузок на вегетативную регуляцию [4, 10, 21].

При этом результаты ортостатической пробы у кадет характеризуют сниженный ответ симпатического отдела вегетативной нервной системы на стресс-фактор при гиперсимпатической вегетативной реактивности, которая, вероятно, обеспечивается нейро-гуморальными механизмами. Согласно анализу литературных данных, полученные результаты могут быть обусловлены как напряжением процессов адаптации к стрессу, так и высокой степенью готовности организма к ответу на раздражающий стимул. У учащихся СОШ вероятен «псевдонормальный» тип вегетативной реактивности, свидетельствующий об

истощении вегетативных регуляторных систем и обусловленный исходно высокой активностью симпатического отдела ВНС<sup>8,9</sup> [10, 21].

#### Выводы

1. Организация образовательного процесса в кадетском корпусе с сочетанием предметов обязательного и дополнительного образования в пределах одного учреждения способствует большему охвату детей занятиями физкультурой.

2. Физическое развитие кадет характеризуется большими значениями фазового угла, скелетно-мышечной массы, активной клеточной массы и мышечной силы. Функциональные резервы кардиореспираторной системы кадет в 1,3–1,7 раза превышают уровень учащихся общеобразовательной школы.

3. Вегетативная регуляция работы сердечно-сосудистой системы у кадет в состоянии покоя обеспечивается активацией парасимпатического отдела вегетативной нервной системы, а гиперсимпатический вариант вегетативной реактивности в ответ на стресс-фактор может характеризовать напряжение процессов адаптации на стресс и высокую степень готовности организма к ответу на раздражающий стимул.

**Информация о вкладе авторов:** Эйфельд Д.А. – концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, статистическая обработка, написание текста; Штина И.Е. – сбор и обработка материала, написание текста; Маклакова О.А. – сбор и обработка материала, редактирование текста; Валина С.Л. – сбор материала, редактирование текста; утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи – все авторы.

**Финансирование:** исследование не имело спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Список литературы

(пп. 3–5, 9, 10, 15, 16, 19–21 см. References)

- Кузнецова А.П., Тятенкова Н.Н. Сравнительная характеристика резервных возможностей кардиореспираторной системы у подростков в зависимости от гармоничности физического развития. Ярославский педагогический вестник. 2013. Т. 3. № 2. С. 109–113.
- Новоселова Е.Н. Роль семьи в формировании здорового образа жизни и смягчении факторов риска,

<sup>8</sup> Козлова Л.В., Самсыгина Г.А., ред. Вегетативная дисфункция у детей и подростков: Учебное пособие. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008.

<sup>9</sup> Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения метода. Иваново, 2002.

- угрожающих здоровью детей и подростков. Анализ риска здоровью. 2019. № 4. С. 175–85. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2019.4.19>
6. Скрыпник О.Ю., Климацкая Л.Г., Меняйло А.В., Лесовская М.И., Макарская Г.В., Тарских С.В. Иммунореактивность и адаптационные возможности организма кадет. В кн.: Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием «Север-человек: проблемы сохранения здоровья». Красноярск, 2001. С. 250–1.
  7. Бородина И.Г. Кадетские классы и проблемы сохранения здоровья обучающихся в них детей. Инновационные проекты и программы в образовании. 2009. № 4. С. 3–6.
  8. Богомолова Е.С., Шапошникова М.В., Котова Н.В., Бадеева Т.В., Максименко Е.О., Киселева А.С. и др. Характеристика физического здоровья учащихся современных общеобразовательных организаций. Гигиена и санитария. 2019. Т. 98. № 9. С. 956–61. doi: <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-9-956-961>
  11. Буряк В.Н., Журавлева Н.С., Покусаева О.С. Особенности исходного вегетативного тонуса и вегетативной реактивности при вегетососудистой дисфункции по гипотензивному типу в детском возрасте. Педиатр. 2018. Т. 9. № 2. С. 41–8. doi: <https://doi.org/10.17816/PED9241-48>
  12. Кильдиярова Р.Р. Лабораторные и функциональные исследования в практике педиатра [Электронный ресурс] 3-е изд. М.: ГЭОТАР-Медиа. 2015: 192 с.
  13. Кунгуров Е. Н. Современные подходы в формировании здорового образа жизни воспитанников кадетских училищ // Молодой ученый. 2016; № 28 (132). С. 908–910.
  14. Перекусихин М.В., Васильев В.В., Рябинина Т.В., Васильев Е.В. Санитарно-эпидемиологическое благополучие и здоровье обучающихся образовательных организаций в современных условиях // Здоровье населения и среда обитания. 2020. № 8 (329). С. 31–37. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-329-8-31-37>
  17. Шевко Н.Б. Анализ динамики основных биоимпедансных показателей состава тела спортсменов. Проблемы здоровья и экологии. 2007. № 2 (12). С. 101–5.
  18. Богачев А.Н., Осадшая Л.Б., Грецкая И.Б. Возрастная динамика состояния функциональных резервов школьников с различным уровнем здоровья и двигательной активности. Современные проблемы науки и образования. 2015. № 3. Available at: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=22212>
- References**
1. Kuznetsova AP, Tyatenkova NN. Comparative characteristics of reserve potentialities of the cardiorespiratory system in adolescents according to harmony of physical development. *Yaroslavskiy Pedagogicheskiy Vestnik*. 2013;3(2):109–13. (In Russian).
  2. Novoselova EN. Role played by a family in creating healthy lifestyle and eliminating risk factors that cause threats to children's and teenagers' health. *Health Risk Analysis*. 2019;(4): 175–85. (In Russian). doi: [10.21668/health.risk/2019.4.19](https://doi.org/10.21668/health.risk/2019.4.19)
  3. Alves JGB, Alves GV. Effects of physical activity on children's growth. *J Pediatr (Rio J)*. 2019;95 Suppl 1:72–78. doi: [10.1016/j.jpmed.2018.11.003](https://doi.org/10.1016/j.jpmed.2018.11.003)
  4. Kondratiuk OS, Korshun MM, Garkavyi SI, et al. Hygienic assessment of different forms of physical education lessons organization in primary school. *Wiad Lek*. 2018;71(3 Pt 1):542–545.
  5. Sharma M, Nahar VK. Promoting physical activity in upper elementary children using multi-theory model (MTM) of health behavior change. *J Prev Med Hyg*. 2018;59(4):E267–E276. doi: [10.15167/2421-4248/jpmh2018.59.4.847](https://doi.org/10.15167/2421-4248/jpmh2018.59.4.847)
  6. Skrypnik Oyu, Klimatskaya LG, Menyaylo AV, Lesovskaya MI, Makarskaya GV, Tarskikh SV. [Immuno-reactivity and adaptive capabilities of the cadet organism.] In: *North and Man: Problems of Health Preservation: Proceedings of the All-Russian Scientific Conference with international participation*. Krasnoyarsk; 2001:250–1. (In Russian).
  7. Borodina IG. [Cadet classes and the problems of maintaining health of children studying in them.] *Innovatsionnye Proekty i Programmy v Obrazovanii*. 2009;(4):3–6. (In Russian).
  8. Bogomolova ES, Shaposhnikova MV, Kotova NV, et al. Characteristics of physical health of students of modern educational institutions. *Gigiena i Sanitariya*. 2019;98(9):956–61. (In Russian). doi: [10.18821/0016-9900-2019-98-9-956-961](https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-9-956-961)
  9. Marker AM, Steele RG, Noser AE. Physical activity and health-related quality of life in children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. *Health Psychol*. 2018;37(10):893–903. doi: [10.1037/hea0000653](https://doi.org/10.1037/hea0000653)
  10. Curtis BM, O'Keefe JH Jr. Autonomic tone as a cardiovascular risk factor: the dangers of chronic fight or flight. *Mayo Clin Proc*. 2002;77(1):45–54. doi: [10.4065/77.1.45](https://doi.org/10.4065/77.1.45)
  11. Buryak VN, Zhuravleva NS, Pokusaeva OS. Features of the initial vegetative tone and vegetative reactivity in vegetative-vascular dysfunction of the hypotensive type in childhood. *Pediatr*. 2018;9(2):41–8. (In Russian). doi: [10.17816/PED9241-48](https://doi.org/10.17816/PED9241-48)
  12. Kildiyarova RR. [Laboratory and Functional Tests in the Practice of a Pediatrician]. 3rd ed. Moscow: GEOTAR-Media Publ., 2015. (In Russian).
  13. Kungurov EN. [Modern approaches to forming a healthy lifestyle in students of cadet schools.] *Molodoy Uchenyy*. 2016;28(132):908–910. (In Russian). Accessed on April 10, 2021. <https://moluch.ru/archive/132/37067/>
  14. Perekusikhin MV, Vasilyev VV, Ryabinina TV, Vasilyev EV. Sanitary and epidemiologic wellbeing and health of school children in modern conditions. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2020;(8(329)):31–37. (In Russian). doi: [10.35627/2219-5238/2020-329-8-31-37](https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-329-8-31-37)
  15. Barbosa SC, Coledam DH, Neto AS, Elias RG, de Oliveira AR. School environment, sedentary behavior and physical activity in preschool children. *Rev Paul Pediatr*. 2016;34(3):301–8. doi: [10.1016/j.rpped.2016.01.001](https://doi.org/10.1016/j.rpped.2016.01.001)
  16. Weaver RG, Webster CA, Egan C, Campos CMC, Michael RD, Vazou S. Partnerships for active children in elementary schools: Outcomes of a 2-year pilot study to increase physical activity during the school day. *Am J Health Promot*. 2018;32(3):621–630. doi: [10.1177/0890117117707289](https://doi.org/10.1177/0890117117707289)
  17. Shevko NB. Analysis of the dynamics of the main bioimpedance parameters of sportsmen body composition. *Problemy Zdorov'ya i Ekologii*. 2007;(2(12)):101–5. (In Russian).
  18. Bogachev AN, Osadshaya LB, Gretskaya IB. [Age dynamics of the status of functional reserves in schoolchildren with different levels of health and motor activity.] *Sovremennye Problemy Nauki i Obrazovaniya*. 2015;(3). (In Russian). Accessed on April 10, 2021. <http://science-education.ru/ru/article/view?id=22212>
  19. Norman K, Stobäus N, Pirlich M, Bosy-Westphal A. Bioelectrical phase angle and impedance vector analysis – clinical relevance and applicability of impedance parameters. *Clin Nutr*. 2012;31(6):854–61. doi: [10.1016/j.clnu.2012.05.008](https://doi.org/10.1016/j.clnu.2012.05.008)
  20. Langer RD, da Costa KG, Bortolotti H, Fernandes GA, de Jesus RS, Gonçalves EM. Phase angle is associated with cardiorespiratory fitness and body composition in children aged between 9 and 11 years. *Physiol Behav*. 2020;215:112772. doi: [10.1016/j.physbeh.2019.112772](https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2019.112772)
  21. Cayres SU, Vanderlei LC, Rodrigues AM, et al. Prática esportiva está relacionada à atividade parasimpática em adolescentes [Sports practice is related to parasympathetic activity in adolescents]. *Rev Paul Pediatr*. 2015;33(2):174–80. (In Portuguese). doi: [10.1016/j.rpped.2014.09.002](https://doi.org/10.1016/j.rpped.2014.09.002)

© Шубочкина Е.И., Иванов В.Ю., Чепрасов В.В., Айзятова М.В., 2021

УДК 613.955: 613.956

## Гигиеническая оценка влияния факторов цифровой среды на организм подростков в процессе образовательной и досуговой деятельности

Е.И. Шубочкина<sup>1</sup>, В.Ю. Иванов<sup>2</sup>, В.В. Чепрасов<sup>1</sup>, М.В. Айзятова<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр здоровья детей» Минздрава России, Ломоносовский проспект, д. 2, стр. 1, г. Москва, 119991, Российская Федерация

<sup>2</sup>Филиал ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в городе Москве» на транспорте во Внуково, поселок Внуково, ул. Центральная, д. 8, г. Москва, 119027, Российская Федерация

<sup>3</sup>Филиал ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в городе Москве» в СВАО, ул. Летчика Бабушкина, д. 19/1, г. Москва, 129327, Российская Федерация

**Резюме.** *Введение.* Использование цифровых средств в обучении, характерное для современного образования, требует гигиенической оценки их влияния на состояние здоровья и образ жизни обучающихся. *Цель исследования* – оценить влияние цифровой среды на здоровье и образ жизни подростков в зависимости от продолжительности использования электронных средств обучения в учебной и досуговой деятельности. *Методы.* Проведен анонимный опрос 111 старшеклассников и студентов колледжа с использованием метода online-анкетирования. Изучалась продолжительность использования информационных технологий в учебном процессе, при выполнении домашних заданий и проведении досуга, а также показатели самочувствия, частота жалоб и образ жизни подростков. Оценивались условия обучения в компьютерных классах колледжа: освещенность, микроклимат, ионизация воздуха, уровни электромагнитных полей, содержание фенола и формальдегида. Применены современные статистические методы (t-критерий Стьюдента, критерий Хи-квадрат), методы доказательной медицины. *Результаты и их обсуждение.* Занятия в учебных организациях с использованием электронных средств обучения (компьютер и ноутбук) 3 и более раз в неделю были у 66 % опрошенных. Проявления утомления после таких занятий были выше, чем без них. Жалобы, характерные для взрослых профессиональных пользователей, у подростков не были распространены, кроме ухудшения зрения за последний год – 48,6 %. В компьютерных классах показатели микроклимата не соответствовали оптимальным, освещенность была выше нормируемых величин, уровни электромагнитных полей, ионизация и содержание вредных веществ в воздушной среде соответствовали нормативным значениям. Показана высокая вовлеченность подростков в использование цифровых средств дома для учебных целей и особенно досуга. Интенсивное вовлечение обучающихся в интернет-пространство (более 4 часов) приводило к росту жалоб на головные боли, ухудшение зрения, нарушение сна, плохую оценку своей физической формы. Сокращалось число подростков, занимающихся физической культурой и спортом. *Заключение.* Продолжительность времени, проводимого в интернет-пространстве для выполнения домашних заданий и досуга, влияет на здоровье и образ жизни обучающихся. Это свидетельствует о необходимости разработки и реализации профилактических и образовательных программ для подростков с целью минимизации рисков здоровью, связанных с влиянием цифровой среды, что было подтверждено в период использования дистанционного обучения.

**Ключевые слова:** обучающиеся, школа, колледж, информационные технологии, компьютерные классы, здоровье, образ жизни.

**Для цитирования:** Шубочкина Е.И., Иванов В.Ю., Чепрасов В.В., Айзятова М.В. Гигиеническая оценка влияния факторов цифровой среды на организм подростков в процессе образовательной и досуговой деятельности // Здоровье населения и среда обитания. 2021. № 6 (339). С. 71–77. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-339-6-71-77>

**Информация об авторах:**

✉ Шубочкина Евгения Ивановна – д-р мед. наук, доцент, гл. науч. сотр. НИИ гигиены и охраны здоровья детей и подростков ФГАУ «НМИЦ здоровья детей» Минздрава России; e-mail: [evsub@yandex.ru](mailto:evsub@yandex.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3557-3867>.

Иванов Виктор Юрьевич – д-р мед. наук, главный врач Филиала ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Москве» на транспорте во Внуково, e-mail: [viktor\\_ivanov\\_08@mail.ru](mailto:viktor_ivanov_08@mail.ru); ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8136-0096>.

Чепрасов Вячеслав Викторович – канд. мед. наук, ст. науч. сотр. НИИ гигиены и охраны здоровья детей и подростков ФГАУ «НМИЦ здоровья детей» Минздрава России; e-mail: [cheprasov2010@mail.ru](mailto:cheprasov2010@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8296-510X>.

Айзятова Марина Викторовна – врач по общей гигиене отдела гигиены детей и подростков Филиала ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Москве» в СВАО; e-mail: [9855123020@mail.ru](mailto:9855123020@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0381-3253>.

## Hygienic Assessment of the Influence of Factors of Digital Environment on Adolescents in the Process of Educational and Leisure Activities

E.I. Shubochkina,<sup>1</sup> V.Yu. Ivanov,<sup>2</sup> V.V. Cheprasov,<sup>1</sup> M.V. Ayzyatova<sup>3</sup>

<sup>1</sup>National Medical Research Center for Children's Health, Bldg 1, 2 Lomonosovsky Avenue, Moscow, 119991, Russian Federation

<sup>2</sup>Branch of the Center for Hygiene and Epidemiology in Moscow on Transport in Vnukovo, Vnukovo, 8 Tsentralnaya Street, Moscow, 119027, Russian Federation

<sup>3</sup>Center for Hygiene and Epidemiology in Moscow in the North-Eastern Administrative District, 19/1 Pilot Babushkin Street, Moscow 129327, Russian Federation

**Summary.** *Background:* The wide use of digital tools in teaching requires a hygienic assessment of their impact on the health and lifestyle of students. The *objective* of the study was to assess the impact of the digital environment on the health and lifestyle of adolescents, depending on the duration of use of electronic learning tools in educational and leisure activities. *Methods:* An anonymous online questionnaire-based survey of 111 high school and college students was conducted to establish their screen time in the educational process, when performing homework and at leisure, as well as indicators of wellbeing and lifestyle and health complaints. In addition, learning conditions in college computer classes, such as illumination, microclimate, air ionization, levels of electromagnetic fields, airborne concentrations of phenol and formaldehyde were assessed. Modern statistical methods (Student's t-test, chi-squared test) and methods of evidence-based medicine were applied. *Results and discussion:* Almost 66 % of the respondents reported using electronic teaching aids (a computer or laptop) at school three or more times a week and severer symptoms of fatigue after such classes. Complaints typical of adult professional users were not common in adolescents, except for visual impairment over the past year (48.6 %). In computer classes, microclimate parameters were far from being optimal: illumination was lower than the regulated values; the levels of electromagnetic fields, ionization, and indoor air concentrations of phenol and formaldehyde were comparable to the appropriate standard values.

We observed a high involvement of adolescents in the use of digital tools at home for educational purposes and especially at leisure. The intensive use of Internet (more than 4 hours a day) was associated with frequent complaints of headaches, visual impairment, sleep disorders, and poor self-assessment of the physical shape that may be attributed to the established decreasing number of teenagers engaged in physical culture and sports. *Conclusion:* The length of time spent in the Internet space for homework and leisure activities affects students' health and lifestyle. This indicates the need to develop and implement preventive and educational programs for adolescents in order to minimize health risks posed by digital environment and confirmed by outcomes of distance learning.

**Keywords:** students, school, college, information technology, computer classes, health, lifestyle.

**For citation:** Shubochkina EI, Ivanov VYu, Cheprasov VV, Azyyatova MV. Hygienic assessment of the influence of factors of digital environment on adolescents in the process of educational and leisure activities. *Zdorov'e Naseleeniya i Sreda Obitaniya*. 2021; (6(339)):71–77. (In Russian). doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-339-6-71-77>

**Author information:**

✉ Evgenyia I. **Shubochkina**, D.M.Sc., Associate Professor, Chief Researcher, Research Institute of Hygiene and Health Protection in Children and Adolescents, National Medical Research Center for Children's Health of the Russian Ministry of Health; e-mail: [evsub@yandex.ru](mailto:evsub@yandex.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3557-3867>.

Viktor Yu. **Ivanov**, D.M.Sc., Head Doctor, Branch of the Center for Hygiene and Epidemiology in Moscow on Transport in Vnukovo; e-mail: [viktor\\_ivanov\\_08@mail.ru](mailto:viktor_ivanov_08@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8136-0096>.

Vyacheslav V. **Cheprasov**, Candidate of Medical Sciences, Senior Researcher, Research Institute of Hygiene and Health Protection in Children and Adolescents, National Medical Research Center for Children's Health of the Russian Ministry of Health; e-mail: [cheprasov2010@mail.ru](mailto:cheprasov2010@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8296-510X>.

Marina V. **Azyyatova**, hygienist, Department of Pediatric Hygiene, Branch of the Center for Hygiene and Epidemiology in Moscow in the Northeastern Administrative District; e-mail: [9855123020@mail.ru](mailto:9855123020@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0381-3253>.

**Актуальность.** Интенсивное использование цифровых средств в обучении является характерной особенностью современного образования в школах, колледжах и вузах. Реализация электронного обучения и дистанционных технологий закреплена в Федеральном законе «Об образовании в Российской Федерации» и государственных образовательных стандартах. В 2018 году в Российской Федерации стартовал приоритетный проект «Цифровая школа». Среднее профессиональное образование увеличивает подготовку кадров в сфере информационных и коммуникационных технологий (ИКТ), востребованных на рынке труда, что является важнейшим направлением в реализации «Стратегии развития системы подготовки рабочих кадров и формирования прикладных квалификаций до 2020 года»<sup>1</sup>. Вместе с повышением эффективности обучения цифровая среда его интенсифицирует, что ведет к информационным и зрительным перегрузкам на фоне снижения функциональных возможностей обучающихся. В условиях цифровизации всех сфер жизнедеятельности современного общества вопросы влияния цифрового пространства на функциональное состояние и здоровье детей и подростков приобретают высокую актуальность [1–5].

Обзор современных зарубежных и отечественных исследований выявил негативное влияние длительного использования смартфонов и интернет-пространства на сон, психическое здоровье детей и подростков, а также показал их роль в формировании вредных привычек [6–10]. По другим данным, основанным на большой европейской выборке (более 10 тыс. подростков), более широкое использование социальных сетей характерно для юношей и ассоциируется с риском избыточного веса и ожирения [11]. Другая особенность интенсивного использования Интернета – более высокое вовлечение подростков в использование компьютерных игр с формированием зависимости почти вдвое чаще, чем в общей выборке (7,6 % и 3,9 % соответственно). Высокие баллы по шкале игровой зависимости (GAS) связаны

с агрессивностью, низкой общительностью, а также с более низкой удовлетворенностью жизнью [12–14]. Вместе с тем показано, что низкая степень использования гаджетов в современном цифровом мире может лишать детей и подростков необходимой социальной информации, а высокая — негативно влиять на здоровье и психическое благополучие, подменяя собой реальное общение, чтение книг и физические упражнения, а также вызывать такие формы агрессивного поведения, как кибербуллинг [8, 10, 15, 16]. Широкое применение в образовательном процессе различных цифровых технологий определило необходимость регламентации их использования для профилактики нарушений функционального состояния обучающихся с учетом их возраста и изменения гигиенических параметров учебной среды [17–19]. В современных эпидемиологических условиях появилась необходимость в организации online-обучения, что увеличивает объем коммуникаций с использованием школьниками и студентами стационарных и мобильных информационно-коммуникационных средств. Особую актуальность приобретают поиски и обоснование резервов времени, отводимого на учебное и досуговое использование информационно-коммуникационных технологий (ИКТ), без ущерба для здоровья.

**Цель исследования** — оценить влияние условий цифровой среды на здоровье и образ жизни подростков в учебной и досуговой деятельности.

**Методы исследования.** Данные анонимного опроса 111 обучающихся собраны с помощью online-анкеты в программе Google forms. В их числе были обучающиеся старших классов, студенты многопрофильного колледжа, осваивающие IT- и строительные профессии. Оценивались частота и длительность использования компьютеров, ноутбуков, смартфонов в образовательной организации, дома (для учебных целей и досуга), показатели самочувствия, частота жалоб и образ жизни, анализировались данные гигиенической оценки условий обучения в компьютерных классах колледжа по

<sup>1</sup> «Стратегии развития системы подготовки рабочих кадров и формирования прикладных квалификаций на период до 2020 года». (одобрено Коллегией Минобрнауки России, протокол от 18.06.2013 N ПК-5бв). Available at <https://yandex.ru/search/?lr=213&text=>

параметрам освещенности и микроклимата, ионизации воздуха и уровню электромагнитных полей, содержанию фенола и формальдегида в воздушной среде.

Материалы обрабатывались в системе Microsoft Office Excel 2010. Достоверность различий показателей в группах сравнения рассчитывалась по t-критерию Стьюдента, критерию Хи-квадрат с использованием подходов доказательной медицины. Рассчитывались величины рисков здоровью и их этиологическая доля (RR, EF) [20].

**Результаты и обсуждение.** Установлено, что у 66 % опрошенных (старшеклассники и студенты колледжа) занятия в учебных организациях с использованием электронных средств обучения (ЭСО) проходят 3 и более раз в неделю, в том числе у каждого пятого ЭСО используются все дни недели. Только 34 % подростков указали, что занятия с ЭСО бывают 1–2 раза в неделю. Более половины обучающихся (57,7 %) не отмечали утомления после таких занятий, на первые признаки утомления указали 35,1 % подростков, очень устают 7,2 % подростков. Утомительность занятий без использования ЭСО была меньше: 67,6 % обучающихся не отмечали утомления, на выраженное утомление указали 5,4 % подростков. Риск появления утомления после занятий с ЭСО был выше (RR = 1,27; CL = 1,86–0,87). Низкая величина этиологической доли (EF = 21,3 %) указывает на слабую связь с использованием ЭСО.

Характерные для взрослых профессиональных пользователей (IT-профессии) проявления в результате длительного использования ПК у обучающихся были мало распространены. В связи с длительным положением сидя и работой на клавиатуре боль в шее отмечали 0,9 % подростков, в спине – 8,1 %, в руках – 0,9 %. Проявления компьютерно-зрительного синдрома (КЗС) отмечались также редко: ощущение сухости глаз – у 3,6 % обучающихся, утомляемость глаз – у 2,7 % подростков. Вместе с тем ухудшение зрения за последний год отметили 48,6 % опрошенных, что характерно для школьников и студентов университетов [21–23].

Известно, что ЭСО (компьютеры, ноутбуки, смартфоны др.) являются источниками электромагнитных излучений, влияют на аэроионный состав воздушной среды. Важное значение имеют гигиенические условия обучения в компьютерных классах, в том числе параметры освещенности, температура и влажность воздуха, содержание вредных веществ. Показано, что диапазон колебаний температуры воздуха был выше оптимальных значений, что может быть связано с несоответствием площади помещения на одного обучающегося гигиеническим требованиям. Исследования (2019 г., 2020 г.) показали, что содержание положительно и отрицательно заряженных ионов находится в нормируемых пределах, преобладают отрицательно заряженные ионы, коэффициент униполярности составляет менее 1,0 при всех

измерениях, что соответствует нормативным требованиям<sup>2</sup> (табл. 1).

Показатели освещенности оказались выше нормируемых в санитарных правилах, коэффициент пульсации – в пределах нормируемой величины<sup>3</sup>. Отсутствует превышение концентраций формальдегида и фенола в воздухе учебных помещений с компьютерной техникой (табл. 2).

Параметры напряженности электрического поля в двух нормируемых диапазонах частот не превышали предельно допустимых уровней (ПДУ). Это же относилось и к параметрам напряженности магнитного и электростатического поля<sup>4</sup> (табл. 3).

Таким образом, результаты производственного контроля в компьютерных классах колледжа показали, что ПДК формальдегида и фенола в воздухе учебных помещений с компьютерной техникой, временные ПДУ электромагнитных полей на рабочих местах, концентрации аэроионов положительной и отрицательной полярности, коэффициент униполярности соответствовали гигиеническим нормативам. Вместе с тем диапазон колебаний температуры воздуха был выше оптимальных значений, что предположительно связано с уменьшенной площадью помещения на одного обучающегося и работающими компьютерами. Уровни искусственной освещенности оказались выше значений, нормируемых в санитарных правилах, что может создавать блескость на экранах компьютеров.

Результаты анкетирования обучающихся показали высокую вовлеченность подростков в использование ЭСО и Интернета во внеучебное время для учебных целей. У 66 % старшеклассников основное время учебных занятий дома составляло 2–3 часа. Более продолжительное использование ЭСО в учебных целях (больше 3 часов) было характерно для студентов колледжа (RR = 1,545; CI = 0,879–2,72).

Проведение досуга в интернет-пространстве с использованием ПК, ноутбука, планшета, смартфона для игр, общения, просмотра контента, фильмов занимало еще больше времени у старшеклассников и студентов. Так, 67,5 % опрошенных указали время 3 часа и более, в том числе 45,9 % – более 3 часов. Студенты чаще проводили в Интернете более 3 часов по сравнению со старшеклассниками (62 % и 32,8 % соответственно, p = 0,00178).

Суммарное время использования интернет-пространства во внеучебное время становится важным фактором образа жизни современных подростков. Было оценено влияние суммарных информационных потоков (для учебных целей и досуга) в зависимости от их продолжительности. Результаты показали, что суммарная продолжительность использования информационных технологий более 4-х часов была у 73 % опрошенных (1-я подгруппа), 4 часа и менее (2-я подгруппа) – у 27 %. Сравнительные данные этих подгрупп показали, что более интенсивное использование Интернета в домашних

<sup>2</sup> СанПиН 2.2.4.1294–03 «Гигиенические требования к аэроионному составу воздуха производственных и общественных помещений». М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003. 11 с.

<sup>3</sup> СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы». М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003. 54 с.

<sup>4</sup> СанПиН 2.2.4.3359–16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах» Временные допустимые ПДУ (предельно допустимые уровни), создаваемые персональными компьютерами (ПЭВМ).

**Таблица 1. Показатели микроклимата и концентрация аэроионов в воздухе компьютерных классов**  
**Table 1. Microclimate parameters and concentrations of air ions in the computer classes**

Показатели / Variables	Диапазон значений / Range (2019; n = 7)	Диапазон значений / Range (2020; n = 7)	Нормативы / Standards
Температура воздуха, град. Цельсия (°C) / Air temperature, °C	22,4–23,5	22,5–23,1	19–21*
Влажность воздуха, % / Air humidity, %	52,0–56,4	48,5–53,8	55–62*
Концентрация аэроионов положительной полярности, ион/см <sup>3</sup> / Concentration of positive air ions, ion/cm <sup>3</sup>	270–490	310–630	400–50000
Концентрация аэроионов отрицательной полярности, ион/см <sup>3</sup> / Concentration of negative air ions, ion/cm <sup>3</sup>	640–840	800–940	600–50000
Коэффициент униполярности / Positive to negative air ion ratio	0,42–0,69	0,34–0,66	< 1,0

\* оптимальные значения / optimal values.

**Таблица 2. Показатели искусственной освещенности и концентрации формальдегида и фенола в воздухе компьютерных классов**

**Table 2. Illumination levels of artificial light, formaldehyde and phenol concentrations in the indoor air of computer classes**

Показатели / Variables	Диапазон показателей (n = 7) / Range (n = 7)	Нормативы / Standards
Уровень искусственной освещенности, лк / Illumination of artificial light, lx	620–670	300–500
Коэффициент пульсации, % / Ripple factor, %	2,5–3,9	5
Концентрация формальдегида, мг/м <sup>3</sup> / Formaldehyde concentration, mg/m <sup>3</sup>	< 0,01 (м.р. / max single)	0,05 (м.р. / max single) 0,01 (ср.сут. / daily av.)
Концентрация фенола, мг/м <sup>3</sup> / Phenol concentration, mg/m <sup>3</sup>	< 0,01 (м.р. / max single)	0,01 (м.р. / max single) 0,003 (ср.сут. / daily av.)

**Таблица 3. Уровни электромагнитных полей в компьютерных классах колледжа, 2020 г.**

**Table 3. Electromagnetic field levels in college computer classes, 2020**

Нормируемые параметры / Regulated parameters	Диапазоны / Ranges	Диапазон показателей / Range (n = 7)	Предельно допустимые уровни / Maximum permissible levels
Напряженность электрического поля, В/м / Electric field strength, V/m	в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц / in the frequency range of 5 Hz to 2 kHz	5–8	25
	в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц / in the frequency range of 2 kHz to 400 kHz	0,5–0,8	2,5
Напряженность магнитного поля, нТл / Magnetic field strength, nTl	в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц / in the frequency range of 5 Hz to 2 kHz	120	250
	в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц / in the frequency range of 2 kHz to 400 kHz	5	25
Напряженность электростатического поля, кВ/м / Electrostatic field strength, kV/m		5–8	15

\* – на рабочих местах (работающих граждан) / at workplaces of teachers

условиях сопровождается ухудшением состояния здоровья и образа жизни. Наиболее частыми были жалобы на головные боли (RR = 1,778; CI = 0,747–4,234) со средней степенью связи с изучаемым фактором (EF = 43,75 %), повышенную частоту ОРВИ (RR = 2,37; CI = 1,02–5,51) с высокой степенью связи (EF = 57,8 %), снижение зрения за последний год (RR = 1,448; CI = 0,867–2,418) со средней степенью связи (EF = 30,93 %).

Интенсивная вовлеченность в интернет-пространство негативно влияла на образ жизни обучающихся, уменьшая число занимающихся спортом, соответственно 56,8 % и 86,7 % (p < 0,01) в 1-й и 2-й подгруппах. Число лиц, оценивших свою физическую форму как хорошую, составило соответственно 53,1 % и 83,3 % (p < 0,01). Среди опрошенных 1-й подгруппы было также больше лиц с недостаточной продолжительностью сна, риск появления 6-часовой продолжительности сна составил RR = 1,515; CI = 0,911–2,521 со средней степенью связи (EF = 34 %).

Полностью оценить влияние цифровой среды на самочувствие и работоспособность

обучающихся в домашних условиях не представляется возможным, так как нет уверенности и данных о том, что рабочее место подростков при использовании персонального компьютера, ноутбука, планшета соответствует гигиеническим требованиям. Кроме того, наиболее проблемным по влиянию на зрение считается использование смартфонов для выполнения учебных заданий, что характерно для подростков и студентов [7, 8]. Это касается и возможного влияния других параметров: освещенности, микроклимата и электромагнитных полей, создаваемых электронными устройствами, особенно при наличии в квартире излучающего роутера (Wi-Fi).

В условиях обычной деятельности учебных организаций определенным резервом для оптимизации образа жизни обучающихся в цифровой среде можно считать снижение времени досуговой деятельности в Интернете [7]. Это, безусловно, требует существенных усилий и информирования подростков родителями, педагогами, психологами и врачами о негативных последствиях «злоупотребления» интернет-пространством. Большая компьютерная нагрузка

студентов, включая досуг в цифровой среде, ассоциировалась с более частыми проявлениями беспоконьята и нервозности во время работы за компьютером, частыми ощущениями усталости и слабости, с большей встречаемостью и интенсивностью рецидивирующих головных болей, большей лабильностью артериального давления [24, 25].

В сложившейся ситуации, при сохранении эпидемического неблагополучия из-за коронавирусной инфекции Covid-19, объективной реальностью стала необходимость самоизоляции и перевода обучающихся в старших классах, студентов колледжей и вузов на дистанционное обучение. Установлено, что при дистанционном обучении студентов значительно увеличилось время работы с электронными устройствами [26]. До самоизоляции студенты работали с компьютерами, планшетами, смартфонами и электронными книгами в среднем 5,3 часа в сутки. В новом формате обучения это время увеличилось до 9,4 часа. Большинство (77,8 %) опрошенных используют преимущественно ПК и ноутбук, остальные – планшет и смартфон. Показано, что 41,3 % опрошенных контролировали время работы с компьютером и расстояние до экрана, 39,7 % студентов старались во время перерывов чаще смотреть в окно, выходить на улицу, а 15,9 % – делали упражнения для глаз. Тем не менее, значительное увеличение времени работы с экраном сопровождалось жалобами на чувство сухости и ощущение песка в глазах у 74,6 % студентов, на снижение остроты зрения – у 57,1 %. Длительная работа сидя сопровождалась у такого же числа респондентов (74,6 %) жалобами на боли в спине, а у 39,7 % – на отечность и болезненность ног.

Изучение условий дистанционного обучения старшеклассников также показало высокие информационные нагрузки. Так, 64 % старшеклассников отмечают, что с переходом на дистанционное обучение они стали проводить за компьютером свыше 6 ч в день, включая онлайн-уроки, выполнение домашнего задания, деятельность на образовательных онлайн-платформах и досуговое время (виртуальные экскурсии, записи театральных постановок, чтение электронных книг). Объем домашних заданий значительно увеличился и его выполнение занимает более 3,5 часа с преобладанием использования цифровых технологий [27].

Длительная работа за компьютером в условиях дистанционного обучения, способствующая малоподвижному образу жизни, сопровождалась болями в спине у 61 % обучающихся, в шее – у 59 % и в запястьях – у 32 % обучающихся. Изменился характер зрительной нагрузки во время дистанционного обучения, что связано с необходимостью одновременного слежения за трансляцией урока, диалогом в чате, выполнении записей в тетради. Вместе с тем установлено, что одновременное использование нескольких гаджетов либо нескольких медиа-средств на одном гаджете или использование гаджета наряду с обычной когнитивной деятельностью сопровождается у подростков сниженной способностью к переключению внимания, более низкой устойчивостью внимания при его отвлечении, меньшим объемом внимания. Частое многозадачное использование гаджетов

в детском и подростковом возрасте сопряжено с развитием дефицита внимания [7].

В условиях дистанционного обучения 47 % старшеклассников отметили усталость глаз после онлайн-уроков, 17 % – расплывчатое изображение предметов вдаль, 11 % – покраснение глаз и боль в области глаз, 8 % – чувство жжения или сухость в глазах. Выявлено, что только 18 % опрошенных используют перемены как динамические паузы; делают перерыв между окончанием уроков и выполнением домашнего задания 40 % обучающихся; чередуют выполнение домашних заданий с двигательной активностью 38 % обучающихся; 26 % подростков, находясь на дистанционном обучении, физическими упражнениями не занимаются вовсе [27]. Результаты объемных исследований дистанционного обучения школьников в период распространения коронавирусной инфекции (около 30 тыс. учащихся из разных регионов России) показали, что приведенные выше региональные данные влияния компьютерных технологий в условиях изоляции детей и подростков являются характерными, а также свидетельствуют о стрессорном влиянии таких условий на донологическом уровне (депрессивные проявления были у 42,2 % детей и подростков, астенические состояния – у 41,6 %, синдром головных болей – у 26,8 %, нарушения сна – у 55,8 %, соматоформная дисфункция желудочно-кишечного тракта – у 23,3 %) [28].

В современной эпидемиологической ситуации прогнозируется повышенный риск формирования близорукости у обучающихся [29, 30]. По данным ЮНЕСКО, более 160 стран закрыли школы в попытке сдержать распространение COVID-19, и эта мера охватывает более 87 % обучающегося населения. Важным следствием изоляции школьников в связи с домашним обучением может быть развитие и/или обострение близорукости. Ведущими факторами риска ухудшения зрения признаются недостаточное время, проведенное на открытом воздухе, продолжительность и интенсивность работы на близком расстоянии (чтение и письмо). Факторы, которые могут определять взаимосвязь между временем, проведенным на открытом воздухе, и близорукостью, включают яркость и хроматический спектр света, энергию при высоких пространственных частотах, периферическую расфокусировку и циркадные ритмы [30]. Авторы делают выводы, что с большой вероятностью длительная изоляция дома будет оказывать влияние на заболеваемость близорукостью в дальнейшем, что представляет собой проблему для общественного здравоохранения.

**Заключение.** Продолжительность использования электронных средств обучения в период обучения старшеклассников и студентов колледжа в образовательной организации оказалась меньше, чем суммарное время их использования во внеучебное время. Оценка условий обучения в компьютерных классах колледжа показала, что основные параметры электромагнитных полей на рабочих местах пользователей ПК и содержание в воздушной среде вредных веществ, таких как фенол и формальдегид, аэроионный состав воздуха соответствуют требованиям санитарных правил.

Показатели микроклимата по температуре и влажности не соответствуют оптимальным значениям. Уровень искусственной освещенности превышает нормируемые значения.

Показана высокая вовлеченность подростков в использование электронных средств обучения и Интернета во внеучебное время для учебных целей, причем у студентов колледжа по сравнению со старшеклассниками отмечена большая продолжительность. Проведение досуга в интернет-пространстве с использованием ПК, ноутбука, планшета, смартфона для игр, общения, просмотров контента, фильмов занимало еще больше времени у старшеклассников и особенно у студентов колледжа. Суммарное время использования обучающимися интернет-пространства во внеучебное время является важным фактором образа жизни современных подростков. Продолжительность использования Интернета в домашних условиях более 4 часов сопровождалась ухудшением показателей состояния здоровья, изменением образа жизни в негативную сторону. Оценить рабочее место подростков при использовании информационных технологий на соответствие гигиеническим требованиям по параметрам микроклимата и освещенности, ЭМГ-полей, создаваемых ИКТ-средствами, особенно при наличии в квартире излучающего роутера (Wi-Fi), является затруднительным. Резервом для сокращения времени, проводимого подростком в цифровом пространстве во внеучебное время, для оптимизации образа жизни подростков можно считать снижение времени досуговой деятельности в Интернете.

Первые публикации, оценивающие дистанционное обучение студентов и старшеклассников в период самоизоляции, констатируют увеличение объема учебной нагрузки, изменение образа жизни и выявляют увеличение жалоб, связанных с опорно-двигательным аппаратом и зрением. Как потенциальное следствие домашнего обучения детей и подростков рассматривается повышенный риск формирования близорукости (а именно «карантинной близорукости») — глобальной проблемы для здравоохранения в будущем. В условиях эпидемической ситуации, когда возрастает учебное экранное время, уменьшение досугового времени в цифровой среде, использование гимнастики для глаз (офтальмотренаж), предпочтение печатных учебников и книг, повышение физической активности становятся особенно актуальными.

Технологические достижения в области вычислительной техники и доступ к Интернету позволяют активным пользователям, которыми являются и подростки, получать и использовать больше информации и быть более продуктивными. Вместе с тем должна быть обеспечена минимизация новых рисков, связанных с гиперинформационной средой, для здоровья подростков. Необходимо усваивать и развивать культуру безопасного использования цифровых технологий и факторы протекции, обеспечивающие сохранение здоровья обучающихся.

**Информация о вкладе авторов:** Шубочкина Е.И. — концепция и дизайн исследования, анализ материалов, написание текста; Иванов В.Ю., Чепрасов В.В., Айязтова М.В. — сбор и анализ материала. Редактирование и утверждение окончательного варианта

статьи — Шубочкина Е.И. Ответственность за целостность всех частей статьи — все авторы.

**Финансирование:** исследование не имело финансовой поддержки.

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Список литературы (пп. 8, 9, 11–16, 21–24, 30 см. References)

1. Кучма В.Р., Рапопорт И.К., Соколова С.Б., Александрова И.Э., Макарова А.Ю., Мустафаева К.Ш., и др. Распространенность и оценка использования электронных устройств в учебной и досуговой деятельности школьников 7–8 классов. Сеченовский вестник. 2015. № 3 (21). С. 43–50.
2. Кучма В.Р. Проблемы гигиенической безопасности гиперинформационной среды жизнедеятельности детей. В сборнике: Современные методологические проблемы изучения, оценки и регламентирования факторов окружающей среды, влияющих на здоровье человека: Материалы Международного Форума Научного совета Российской Федерации по экологии человека и гигиене окружающей среды, посвященного 85-летию ФГБУ «НИИ ЭЧ и ГОС им. А.Н. Сысина» Минздрава России: в 2-х частях, Москва, 15–16 декабря 2016 года. М.: Научно-исследовательский институт экологии человека и гигиены окружающей среды им. А.Н. Сысина, 2016. С. 340–343.
3. Кучма В.Р., Сухарева Л.М., Храмов П.И. Гигиеническая безопасность жизнедеятельности детей в цифровой среде. Здоровье населения и среда обитания. 2016. № 8 (281). С. 4–7.
4. Кучма В.Р., Сухарева Л.М., Степанова М.И., Храмов П.И., Александрова И.Э., Соколова С.Б. Научные основы и технологии обеспечения гигиенической безопасности детей в «цифровой школе». Гигиена и санитария. 2019. Т. 98. № 12. С. 1385–1391.
5. Милушкина О.Ю., Скоблина Н.А., Маркелова С.В., Татаринчик А.А., Бокарева Н.А., Федотов Д.М. Оценка риска здоровью школьников и студентов при воздействии обучающих и досуговых информационно-коммуникационных технологий. Анализ риска здоровью. 2019. № 3. С. 135–143.
6. Кучма В.Р., Макарова А.Ю., Тикашкина О.В. Комплексная гигиеническая оценка современных технологий профильного медицинского обучения старшеклассников. Гигиена и санитария. 2020. Т. 99. № 12. С. 1431–1437.
7. Вятлева О.А. Влияние использования смартфонов на самочувствие, когнитивные функции и морфофункциональное состояние центральной нервной системы у детей и подростков (обзор литературы). Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья. 2020. № 1. С. 4–11.
9. Сетко А.Г., Булычева Е.В., Сетко Н.П. Особенности развития донозологических изменений в психическом и физическом здоровье у учащихся поколения Z. Анализ риска здоровью. 2019. № 4. С. 158–164.
10. Капранов С.В., Капранова Г.В., Тарабцев Д.В., Тарабцев М.Д. Влияние просмотра телепередач и использование компьютера на показатели психического состояния подростков города Алчевска. Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья. 2020. № 1. С. 45–51.
17. Александрова И.Э. Гигиенические принципы и технологии обеспечения безопасных для здоровья школьников условий обучения в цифровой среде. Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья. 2018. № 3. С. 23–33.
18. Зернов Д.В., Потапова М.И. IT-коммуникации в структуре бюджета времени студента. В кн. Социальные преобразования и социальные проблемы. Сборник научных трудов (Выпуск 17) / Под общей ред. д.с.н. Д.А. Шпилева. Нижний Новгород: изд. НИСОЦ, 2017. С. 41–51.
19. Скоблина Н.А., Милушкина О.Ю., Татаринчик А.А., Федотов Д.М. Гигиенические проблемы использования информационно-коммуникационных технологий школьниками и студентами. Здоровье населения и среда обитания. 2017. № 9 (294). С. 52–55.
20. Измеров Н.Ф., Бухтияров И.В., Денисов Э.И. Оценка профессиональных рисков для здоровья в системе доказательной медицины. Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья. 2016. № 1. С. 14–20.
25. Эверт Л.С., Потупчик Т.В., Бахшиева С.А., Гришкевич Н.Ю., Паничева Е.С. Социально-гигиенические и клинико-функциональные аспекты компьютерных нагрузок у студентов. Российский медицинский журнал. 2015. Т. 21. № 4. С. 4–8.

26. Козуля С.В., Добрин А.В. Влияние дистанционного обучения на здоровье студентов медицинской академии имени С.И. Георгиевского. Материалы I Национального конгресса с международным участием по экологии человека, гигиене и медицине окружающей среды «Сысинские чтения – 2020», 19–20 ноября 2020 г. М.: ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, 2020. С. 189–192.
27. Богомолова Е.С., Бадеева Т.В., Котова Н.В., Максименко О.Е., Олюшина Е.А., Лангуев К.А. Гигиенические аспекты дистанционного образования обучающихся. Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья. 2020. № 3. С. 35–38.
28. Кучма В.Р., Седова А.С., Степанова М.И., Рапорт И.К., Поленова М.А., Соколова С.Б. и др. Особенности жизнедеятельности и самочувствия детей и подростков, дистанционно обучающихся во время эпидемии новой коронавирусной инфекции (COVID-19). Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья. 2020. № 2. С. 4–23.
29. Филькина О.М., Воробьева Е.А., Долотова Н.В., Кочерова О.Ю., Малышкина О.И. Длительность использования цифровых устройств как один из факторов риска развития миопии у школьников. Анализ риска здоровью. 2020. № 4. С. 76–83.
12. Festl R, Scharrow M, Quandt T. Problematic computer game use among adolescents, younger and older adults. *Addiction*. 2013;108(3):592–9. doi: 10.1111/add.12016
13. Kindt S, Szász-Janocha C, Rehbein F, Lindenberg K. School-related risk factors of internet use disorders. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16(24):4938. doi: 10.3390/ijerph16244938
14. González-Bueso V, Santamaria JJ, Oliveras I, et al. Internet gaming disorder clustering based on personality traits in adolescents, and its relation with comorbid psychological symptoms. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(5):1516. doi: 10.3390/ijerph17051516
15. Suzuki K, Asaga R, Sourander A, Hoven CW, Mandell D. Cyberbullying and adolescent mental health. *Int J Adolesc Med Health*. 2012;24(1):27–35. doi: 10.1515/ijamh.2012.005
16. Livingstone S, Smith PK. Annual research review: Harms experienced by child users of online and mobile technologies: the nature, prevalence and management of sexual and aggressive risks in the digital age. *J Child Psychol Psychiatry*. 2014;55(6):635–54. doi: 10.1111/jcpp.12197
17. Aleksandrova IE. Hygienic principles and technology to ensure safety for health of pupils conditions of training in a digital educational environment. *Voprosy Shkol'noy i Universitetskoy Meditsiny i Zdorov'ya*. 2018;(3):23–33. (In Russian).
18. Zernov DV, Potapova MI. [IT communications in the structure of the student's time budget.] In: *Social Transformations and Social Problems: Collection of Scientific Works (Issue 17)*. Shpileva DA, ed. Nizhny Novgorod: NISOTS Publ., 2017:41–51. (In Russian).
19. Skoblina NA, Milushkina OYu, Tatarinchik AA, Fedotov DM. The hygienic problems of usage information and communication technology by schoolchildren and students. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2017;(9(294)):52–55. (In Russian). doi: 10.35627/2219-5238/2017-294-9-52-55
20. Izmerov NF, Bukhtiyarov IV, Denisov EI. Evaluation of occupational risks in the system of evidence-based medicine. *Voprosy Shkol'noy i Universitetskoy Meditsiny i Zdorov'ya*. 2016;(1):14–20. (In Russian).
21. Randolph SA. Computer vision syndrome. *Workplace Health Saf*. 2017;65(7):328. doi: 10.1177/2165079917712727
22. Ichhpujani P, Singh RB, Foulsham W, Thakur S, Lamba AS. Visual implications of digital device usage in school children: a cross-sectional study. *BMC Ophthalmol*. 2019;19(1):76. doi: 10.1186/s12886-019-1082-5
23. Altalhi A, Khayyat W, Khojah O, Alsalmi M, Almarzouki H. Computer vision syndrome among health sciences students in Saudi Arabia: Prevalence and risk factors. *Cureus*. 2020;12(2):e7060. doi: 10.7759/cureus.7060
24. Al Tawil L, Aldokhayel S, Zeitouni L, Qadoumi T, Hussein S, Ahamed SS. Prevalence of self-reported computer vision syndrome symptoms and its associated factors among university students. *Eur J Ophthalmol*. 2020;30(1):189–195. doi: 10.1177/1120672118815110
25. Evert LS, Potupchik TV, Bakhshieva SA, Grishkevich NYu, Panicheva ES. The social hygienic and clinical functional aspects of computer stress in students. *Rossiyskiy Meditsinskiy Zhurnal*. 2015;21(4):4–8. (In Russian).
26. Kozulya SV, Dobrin AV. Influence of distance learning on the health of students of the Medical Academy named after S.I. Georgievsky. In: *Proceedings of the First National Congress with International Participation on Human Ecology, Environmental Hygiene and Medicine "Sysin Readings – 2020", November 19–20, 2020*. Moscow: CSP FMBA Rossii Publ., 2020:189–192. (In Russian).
27. Bogomolova ES, Badeeva TV, Kotova NV, Maksimenko EO, Olyushina EA, Languev KA. Hygienic aspects of distance education. *Voprosy Shkol'noy i Universitetskoy Meditsiny i Zdorov'ya*. 2020;(3):35–38. (In Russian).
28. Kuchma VR, Sedova AS, Stepanova MI, et al. Life and wellbeing of children and adolescents studying remotely during the epidemic of a new coronavirus infection (COVID-19). *Voprosy Shkol'noy i Universitetskoy Meditsiny i Zdorov'ya*. 2020;(2):4–23. (In Russian).
29. Filkina OM, Vorobyova EA, Dolotova NV, Kocherova OYu, Malyshkina AI. Long use of digital devices as a risk factor that causes myopia occurrence in schoolchildren. *Health Risk Analysis*. 2020;(4):76–83. doi: 10.21668/health.risk/2020.4.08.eng
30. Pellegrini M, Bernabei F, Scorcio V, Giannaccare G. May home confinement during the COVID-19 outbreak worsen the global burden of myopia? *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2020;258(9):2069–2070. doi: 10.1007/s00417-020-04728-2

## References

1. Kuchma VR, Rapoport IK, Sokolova SB, et al. The prevalence and evaluation of electronics incorporated into the educational and recreational activity of schoolchildren of 7–8 classes. *Sechenovskiy Vestnik*. 2015;(3(21)):43–50. (In Russian).
2. Kuchma VR. [Problems of hygienic safety of the hyperinformational environment of the vital activity of children.] In: *Modern Methodological Problems of Studying, Assessing and Regulating Environmental Factors Affecting Human Health: Proceedings of the International Forum of the Scientific Council of the Russian Federation on Human Ecology and Environmental Hygiene dedicated to the 85th anniversary of Sysin Research Institute of Human Ecology and Environmental Hygiene of the Russian Ministry of Health, Moscow, December 15–16, 2016*. Moscow: CSP FMBA Rossii Publ., 2016:340–343. (In Russian).
3. Kuchma VR, Sukhareva LM, Khramtsov PI. Hygienic safety children in hyperinformation society. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2016;(8(281)):4–7. (In Russian).
4. Kuchma VR, Sukhareva LM, Stepanova MI, Chramtsov PI, Aleksandrova IE, Sokolova SB. Scientific bases and technologies of security hygienic safety of children in the "digital school". *Gigiena i Sanitariya*. 2019;98(12):1385–1391. (In Russian). doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-12-1385-1391
5. Milushkina OYu, Skoblina NA, Markelova SV, Tatarinchik AA, Bokareva NA, Fedotov DM. Assessing health risks for schoolchildren and students caused by exposure to educational and entertaining information technologies. *Health Risk Analysis*. 2019;(3):135–143. (In Russian). doi: 10.21668/health.risk/2019.3.16
6. Kuchma VR, Makarova AYU, Tikashkina OV. A comprehensive approach to the hygienic assessment of modern technologies for specialized medical training of senior high school students. *Gigiena i Sanitariya*. 2020;99(12):1431–1437. (In Russian). doi: 10.47470/0016-9900-2020-99-12-1431-1437
7. Vyatleva OA. Influence of use of smartphones on well-being, cognitive functions and morphofunctional state of the central nervous system in children and adolescents (review). *Voprosy Shkol'noy i Universitetskoy Meditsiny i Zdorov'ya*. 2020;(1):4–11. (In Russian).
8. Mireku MO, Barker MM, Mutz J, et al. Night-time screen-based media device use and adolescents' sleep and health-related quality of life. *Environ Int*. 2019;124:66–78. doi: 10.1016/j.envint.2018.11.069
9. Setko AG, Bulycheva EV, Setko NP. Peculiarities of prenosological changes in mental and physical health of students from Generation Z. *Health Risk Analysis*. 2019;(4):158–164. (In Russian). doi: 10.21668/health.risk/2019.4.17.eng
10. Kapranov SV, Kapranova GV, Tarabtsev DV, Tarabtsev MD. The influence of TV viewing and computer use on mental health of teenagers in Alchevsk. *Voprosy Shkol'noy i Universitetskoy Meditsiny i Zdorov'ya*. 2020;(1):45–51. (In Russian).
11. Tsitsika AK, Andrie EK, Psaltopoulou T, et al. Association between problematic internet use, socio-demographic variables and obesity among European adolescents. *Eur J Public Health*. 2016;26(4):617–22. doi: 10.1093/eurpub/ckw028

© Бушуева Т.В., Рослая Н.А., Вараксин А.Н., Гагарина М.С., Широкова О.В., Шастин А.С., Артеменко Е.П., Шалаумова Ю.В., Ведерникова М.С., Лабзова А.К., 2021

УДК 616.3:616-057

## Иммунологический скрининг как этап формирования иммунокомпрометированной профессиональной когорты для вакцинации против пневмококковой инфекции

Т.В. Бушуева<sup>1</sup>, Н.А. Рослая<sup>2</sup>, А.Н. Вараксин<sup>3</sup>, М.С. Гагарина<sup>1</sup>, О.В. Широкова<sup>1</sup>, А.С. Шастин<sup>1</sup>, Е.П. Артеменко<sup>1</sup>, Ю.В. Шалаумова<sup>3</sup>, М.С. Ведерникова<sup>3</sup>, А.К. Лабзова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФБУН «Екатеринбургский медицинский – научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора, ул. Попова, д. 30, г. Екатеринбург, 620014, Российская Федерация

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, ул. Репина, д. 1, г. Екатеринбург, 620028, Российская Федерация

<sup>3</sup>ФГБУН Институт промышленной экологии Уральского отделения Российской академии наук, ул. Софьи Ковалевской, д. 20, г. Екатеринбург, 620219, Российская Федерация

**Резюме.** *Введение.* Специфичность взаимодействия *Streptococcus pneumoniae* с различными эпителиальными клетками полностью не изучена, но при этом показано, что в 49 % случаев различных нозологических заболеваний органов дыхания данный вид стрептококка является причиной бактериального воспаления. Ранее было выявлено, что воздействие аэрогенных факторов на производстве повышает средний многолетний уровень заболеваемости внебольничной пневмонией среди рабочих. *Цель работы:* обосновать подходы к разработке критериев иммунокомпрометированности рабочих, подвергающихся воздействию хризотил-асбеста, для последующей вакцинации против пневмококковой инфекции. *Материалы и методы.* Проведен анализ 304 случаев заболеваемости внебольничной пневмонией рабочих предприятия по добыче и переработке хризотил-асбеста, данные о которых получены в «Информационной системе эпидемиологического надзора» о случаях внебольничной пневмонии ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Свердловской области» с 2005 по 2016 г., с иммунологическим обследованием 240 человек, работающих на предприятии. *Результаты.* Показано, что чаще внебольничной пневмонией болеют рабочие основных профессий (217 переболевших, что составляет 71,4 %) по сравнению с рабочими контрольной группы (87 случаев – 28,6 %). Выявлено что при увеличении стажа достоверно повышается синтез секреторного иммуноглобулина А у рабочих основных групп. Показано достоверное снижение бактерицидности нейтрофилов с увеличением стажа у рабочих в карьере. *Выводы.* Воздействие пыли, содержащей хризотил-асбест, приводит к напряжению адаптивных и защитно-компенсаторных механизмов, снижению резистентности с формированием повышенной восприимчивости к вирусно-бактериальным инфекциям, развитию вторичной иммунной недостаточности у стажированных рабочих основных профессий, что способствует повышенной заболеваемости внебольничной пневмонией.

**Ключевые слова:** иммуноглобулин, НСТ-тест, фагоцитоз, лейкоциты, лимфоциты, секреторный иммуноглобулин А, пневмококковая инфекция, хризотил-асбест.

**Для цитирования:** Бушуева Т.В., Рослая Н.А., Вараксин А.Н., Гагарина М.С., Широкова О.В., Шастин А.С., Артеменко Е.П., Шалаумова Ю.В., Ведерникова М.С., Лабзова А.К. Иммунологический скрининг как этап формирования иммунокомпрометированной профессиональной когорты для вакцинации против пневмококковой инфекции // Здоровье населения и среда обитания. 2021. № 6 (339). С. 78–83. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-339-6-78-83>

### Информация об авторах:

✉ Бушуева Татьяна Викторовна – канд. мед. наук, зав. НПО Лабораторно-диагностических технологий ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора; e-mail: bushueva@ymrc.ru; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5872-2001>.

Рослая Наталья Алексеевна – д-р мед. наук, главный профпатолог УрФО, доцент кафедры ОЗО УГМУ; e-mail: naroslava@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9076-9742>.

Вараксин Анатолий Николаевич – д-р физ.-мат. наук, главный научный сотрудник лаборатории математического моделирования в экологии и медицине, профессор ИПЭ УрО РАН; e-mail: varaksinanatolij2@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2689-3006>.

Гагарина Марина Сергеевна – врач-эпидемиолог отделения планирования и внедрения НИР ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора; e-mail: gagarina@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5518-2206>.

Широкова Ольга Валентиновна – канд. мед. наук, вед. науч. сотр. отделения планирования и внедрения НИР ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора; e-mail: shirokova@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8397-194X>.

Шастин Александр Сергеевич – науч. сотр. отдела организации медицины труда ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора; e-mail: shastin@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8363-5498>.

Артеменко Елизавета Павловна – лаборант-исследователь НПО Лабораторно-диагностических технологий ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора; e-mail: artemenkoe@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0125-0063>.

Шалаумова Юлия Валерьевна – канд. техн. наук, науч. сотр. лаборатории математического моделирования в экологии и медицине ИПЭ УрО РАН; e-mail: yulyash@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0173-6293>.

Ведерникова Мария Сергеевна – лаборант-исследователь НПО Лабораторно-диагностических технологий ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора; e-mail: vedernikovams@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9990-7539>.

Лабзова Алла Константиновна – науч. сотр. НПО Лабораторно-диагностических технологий ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора; e-mail: labzovaak@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8517-2607>.

## Immunity Testing as a Stage of Forming the Immunocompromised Occupational Cohort for Vaccination against Pneumococcal Disease

T. V. Bushueva,<sup>1</sup> N. A. Roslaya,<sup>2</sup> A. N. Varaksin,<sup>3</sup> M. S. Gagarina,<sup>1</sup> O. V. Shirokova,<sup>1</sup> A. S. Shastin,<sup>1</sup> E. P. Artemenko,<sup>1</sup> Yu. V. Shalaumova,<sup>3</sup> M. S. Vedernikova,<sup>3</sup> A. K. Labzova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, 30 Popov Street, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation

<sup>2</sup>Ural State Medical University, 1 Repin Street, Yekaterinburg, 620028, Russian Federation

<sup>3</sup>Institute of Industrial Ecology, 20 Sofia Kovalevskaya Street of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, 620219, Russian Federation

**Summary.** *Background:* The specificity of *Streptococcus pneumoniae* interaction with different epithelial cells has not been fully studied. Yet, it has been demonstrated that this type of streptococcal induced bacterial inflammation in 49 % of cases of various respiratory diseases. Previous studies indicate that inhalation exposure to occupational risk factors accounts for a higher average long-term incidence rate of community-acquired pneumonia among workers. The *objective* of our study was to substantiate approaches to developing criteria for establishing the immunocompromised status of workers exposed to chrysotile asbestos for subsequent vaccination against pneumococcal disease. *Materials and methods:* We analyzed data on 304 cases of community-acquired pneumonia registered in 2005–2016 among chrysotile miners and millers, obtained from the Information System of

Epidemiological Surveillance maintained by the Center for Hygiene and Epidemiology in the Sverdlovsk Region. In addition, we screened 240 employees for prevaccination immunity using immunoassay tests. *Results:* We established a higher incidence of community-acquired pneumonia in miners and millers (217 cases or 71.4 %) compared to the control cohort consisting of auxiliary staff (87 cases or 28.6 %). We also noted that the longer length of employment was associated with an increased secretory IgA synthesis in both miners and millers and a significant decrease in the bactericidal action of neutrophils in miners. *Conclusion:* Chrysotile asbestos exposure leads to adaptive stress, strain of protective and compensatory mechanisms, poor resistance causing increased susceptibility to viral and bacterial diseases, and the development of secondary immunodeficiency in experienced workers of the main occupations, all contributing to higher incidence of community-acquired pneumonia.

**Keywords:** immunoglobulin, NBT test, phagocytosis, leukocytes, lymphocytes, secretory IgA, pneumococcal disease, chrysotile asbestos.

**For citation:** Bushueva TV, Roslaya NA, Varaksin AN, Gagarina MS, Shirokova OV, Shastin AS, Artemenko EP, Shalaumova YuV, Vedernikova MS, Labzova AK. Immunity testing as a stage of forming the immunocompromised occupational cohort for vaccination against pneumococcal disease. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021; (6(339)):78–83. (In Russian). doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-339-6-78-83>

**Author information:**

✉ Tatiana V. **Bushueva**, Candidate of Medical Sciences, Head of Scientific and Production Association of Laboratory and Diagnostic Technologies, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing (Rospotrebnadzor); e-mail: bushueva@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5872-2001>.

Natalia A. **Roslaya**, D.M.Sc., Chief Occupational Pathologist of the Ural Federal District; Associate Professor; Department of Health Organization, Ural State Medical University; e-mail: naroslaya@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9076-9742>.

Anatoly N. **Varaksin**, D.Sc. (Physics and Mathematics), Professor, Chief Researcher, Laboratory of Mathematical Modeling in Ecology and Medicine, Institute of Industrial Ecology of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; e-mail: varaksinanatolij2@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2689-3006>.

Marina S. **Gagarina**, epidemiologist, Department of Planning and Introduction of Research Work, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers; e-mail: gagarina@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5518-2206>.

Olga V. **Shirokova**, Candidate of Medical Sciences, Leading Researcher, Department of Planning and Introduction of Research Work, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers; e-mail: shirokova@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8397-194X>.

Aleksandr S. **Shastin**, research scientist, Department for Organization of Occupational Medicine, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers; e-mail: shastin@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8363-5498>.

Elizaveta P. **Artemenko**, researcher, Scientific and Production Association of Laboratory and Diagnostic Technologies, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers; e-mail: artemenkoep@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0125-0063>.

Yulia V. **Shalaumova**, Candidate of Technical Sciences, research scientist, Laboratory of Mathematical Modeling in Ecology and Medicine, Institute of Industrial Ecology of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; e-mail: yulyash@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0173-6293>.

Maria S. **Vedernikova**, researcher, Scientific and Production Association of Laboratory and Diagnostic Technologies, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers; e-mail: vedernikovams@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9990-7539>.

Alla K. **Labzova**, researcher, Scientific and Production Association of Laboratory and Diagnostic Technologies, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers; e-mail: labzovaak@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8517-2607>.

**Введение.** Специфичность взаимодействия *Streptococcus pneumoniae* с различными эпителиальными клетками полностью не изучена, но при этом показано, что в 49 % случаев различных нозологических заболеваний органов дыхания данный вид стрептококка является причиной бактериального воспаления [1]. Ранее было выявлено, что воздействие аэрогенных факторов на производстве повышает средний многолетний уровень заболеваемости внебольничной пневмонией среди рабочих [2, 3]. Начальным этапом развития пневмококковой инфекции является колонизация слизистой *Streptococcus pneumoniae*, составляющая в популяции населения старше 18 лет не менее 10 % и увеличивающаяся при воздействии некоторых производственных факторов [4]. Секреторный иммуноглобулин А является наиболее активным иммуноглобулином слизистых оболочек человека и компонентом первой линии защиты от патогенов. Его роль в защите организма от *Streptococcus pneumoniae* неоднозначна. С одной стороны, SigA препятствует адгезии микробных антигенов на слизистой дыхательных путей, с другой, одновременно имеет в структуре белок, с которым соединяется поверхностный адгезин *Streptococcus pneumoniae*, облегчая проникновение через эпителий [5]. Одновременно с защитными свойствами изучаются патологические эффекты секреторного иммуноглобулина, усиливающие фиброз в легких, обусловленные стимуляцией синтеза трансформирующего фактора роста, интерлейкина-8 [6–8].

**Цель работы:** обосновать подход к разработке критериев иммунокомпрометированности рабочих, подвергающихся воздействию хризотил-асбеста, для последующей вакцинации против пневмококковой инфекции.

**Материалы и методы.** Проведено иммунологическое обследование 240 рабочих предприятия по добыче и переработке хризотил-асбеста, среди которых в соответствии с рабочими процессами добычи и обогащения асбеста были сформированы 2 основные и контрольная группы. Группа 1 обследованных – это рабочие, занятые в карьере, 160 человек (машинисты буровых установок, водители автомобилей, занятые перемещением руды и на отвалах, машинисты железнодорожного транспорта, рабочие, обслуживающие железнодорожный транспорт), группа 2 – рабочие асбестообоганительной фабрики, 40 человек (грохотовщики, слесари по ремонту оборудования, машинисты расфасовочно-упаковочных машин, грузчики асбеста), группа 3 – контрольная, 40 человек (отдел материально-технического снабжения, центр автоматизированных систем управления, собственная охрана предприятия). Средний возраст обследованных составил  $49,3 \pm 9,0$  лет, средний стаж –  $20,3 \pm 11,2$  лет. Группы были сопоставимы по возрасту и стажу работы. У всех обследованных рабочих определяли секреторный иммуноглобулин А (SigA) в ротовой жидкости методом иммуноферментного анализа в соответствии с инструкцией производителя и выполняли НСТ-тест по методу Маянского А.Н. при общем

анализе крови. В ходе работы с применением эпидемиологических и статистических методов на основании 304 случаев внебольничной пневмонии проанализирована заболеваемость в основных и контрольной группах. Данные о заболеваемости пневмонией рабочих с 2005 по 2016 г. были получены из «Информационной системы эпидемиологического надзора» ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Свердловской области в разделе экстренных извещений об инфекционном заболевании, пищевом отравлении, остром профессиональном отравлении, необычной реакции на прививки (ф. № 058/у) – о случаях внебольничной пневмонии.

Для статистического анализа была применена программа STATISTICA, сравнение между группами с помощью t-критерия Стьюдента, двухфакторный анализ ANOVA, корреляционный анализ проведен с применением метода скользящей средней, достоверность принята  $p \leq 0,05$ .

**Результаты.** Анализ заболеваемости показал, что 217 (71,4 %) случаев внебольничной пневмонии зарегистрировано у рабочих основных профессий предприятия, занимающегося добычей и переработкой хризотил-асбеста, и 87 случаев (28,6 %) – у рабочих контрольной группы. Уровень заболеваемости внебольничной пневмонией у рабочих карьера колебался от 52,6 у машинистов электровозов до 128,2 у водителей автомобилей и составил в среднем 74,3 на 1000 работающих, независимо от пола (74,4 и 74,0 у мужчин и женщин соответственно). Уровень заболеваемости у рабочих асбестообогатительной фабрики составил в среднем

73,1 на 1000 (72,6 у мужчин и 74,6 у женщин); следует отметить, что в малочисленных группах (грохотовщики, грузчики асбеста, машинисты расфасовочно-упаковочных машин) заболеваемость была крайне высокой – до 230,1 на 1000, а в некоторых профессиях (грузчики асбеста) переболели все. В контрольной группе этот же показатель составил 29,5 на 1000. Известно, что изменение врожденного и адаптивного иммунитета в комплексе со способностью *Streptococcus pneumoniae* прилипать к эпителиальным клеткам, уклоняясь от мукоцилиарного клиренса, является одним из патогенетических звеньев носоглоточного носительства, предшествующего инвазивным пневмококковым заболеваниям. Поэтому перечень критериев для профилактики инвазивной формы пневмококковой инфекции может включать скрининговые иммунологические показатели.

При анализе полученных данных были выявлены достоверные отличия иммунологических показателей у рабочих разных производственных участков (табл. 1).

Так, у рабочих асбестообогатительной фабрики достоверно снижено количество лейкоцитов по сравнению с рабочими, занятыми в карьере (рис. 1).

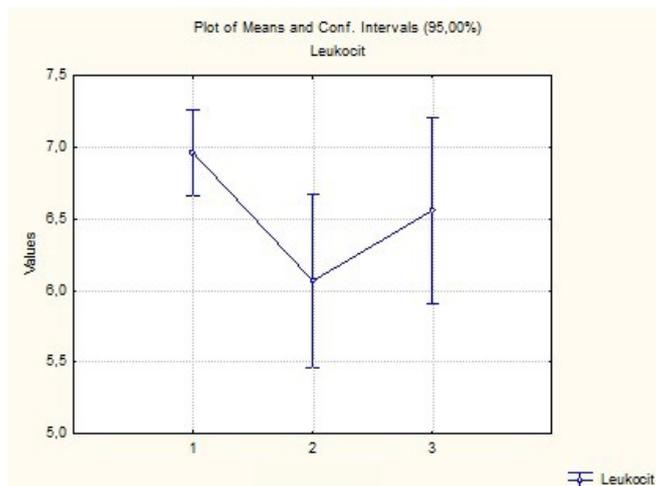
Секреторный иммуноглобулин А у рабочих группы 1 и группы 2 имел тенденцию к повышению концентрации при сравнении с контрольной группой. Бактерицидная активность нейтрофилов достоверно повышалась у рабочих группы 1. При двухфакторном анализе установлено, что пол и место работы влияет на лейкоциты и лимфоциты и не влияет на

**Таблица 1. Показатели иммунологического скрининга рабочих трех групп**  
**Table 1. Results of prevaccination immunity screening of workers of three different groups**

Показатель / Indicator	Рабочие карьера / Miners <i>n</i> = 160	Рабочие обогатительной фабрики / Millers <i>n</i> = 40	Контроль (вспомогательный персонал) / Control (auxiliary workers) <i>n</i> = 40
Лейкоциты, $\times 10^9/\text{л}$ / Leukocytes, $\times 10^9/\text{L}$	$6,95 \pm 1,94$	$6,07 \pm 1,92^\circ$	$6,51 \pm 1,28$
Лимфоциты, % / Lymphocytes, %	$32,64 \pm 7,13$	$31,81 \pm 7,01$	$31,9 \pm 8,45$
НСТ-тест, % / NBT test, %	$6,21 \pm 4,67^*$	$5,36 \pm 4,03$	$3,31 \pm 1,74$
SigA, мг/мл / mg/ml	$708,2 \pm 577,0$	$704,5 \pm 424,9$	$497,3 \pm 390,0$

Примечание:  $^\circ$  –  $p \leq 0,05$  между рабочими карьера и асбестообогатительной фабрики;  $^*$  –  $p \leq 0,05$  между рабочими карьера и контрольной группой.

Notes:  $^\circ$  –  $p \leq 0.05$  between the miners and millers;  $^*$  –  $p \leq 0.05$  between the miners and controls; differences are statistically significant at  $p \leq 0.05$ .

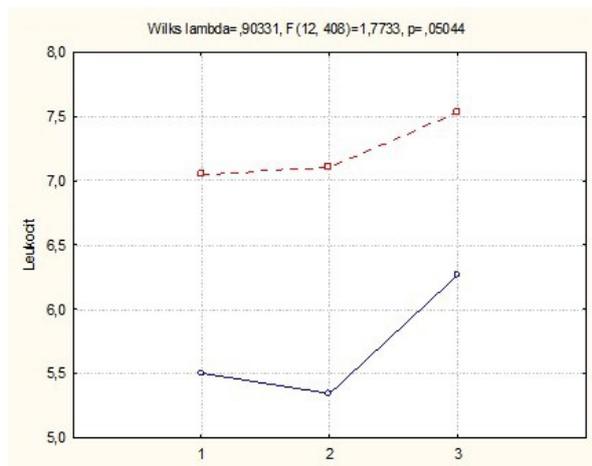


**Рис. 1. Количество лейкоцитов ( $\times 10^9$ ) у обследованных рабочих разных групп (1, 2, 3)**  
**Fig. 1. Leukocyte counts ( $\times 10^9$ ) in the examined workers (groups 1–3)**

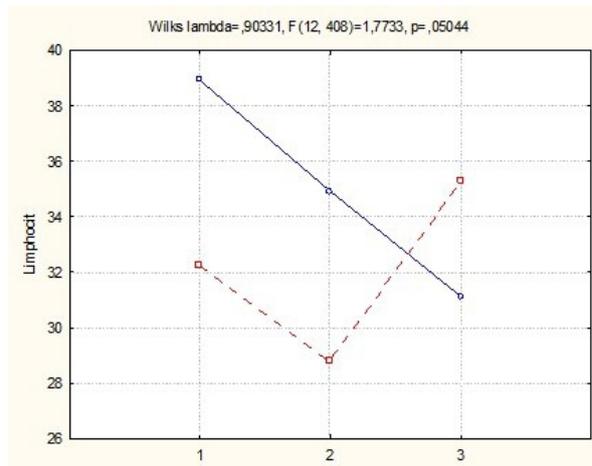
концентрацию секреторного иммуноглобулина А и бактерицидную активность нейтрофилов. Так, максимально низкие значения лейкоцитов мы наблюдали у рабочих мужского пола на асбестообогатительной фабрике. В целом количество лейкоцитов у мужчин было выше, чем у женщин, во всех группах, но достоверно оно снижалось у женщин группы 1 по сравнению с мужчинами группы 2 (рис. 2). Лимфоциты имели обратную тенденцию и были у мужчин выше, чем у женщин в группе 1 и группе 2, достоверно снижаясь у мужчин группы 1 по сравнению с женщинами группы 2.

Установлено достоверное снижение лейкоцитов, лимфоцитов и бактерицидности нейтрофилов у обследованных женщин по сравнению с мужчинами (табл. 2).

При проведении корреляционного анализа было установлено, что повышение концентрации секреторного иммуноглобулина А в ротовой жидкости наблюдается с увеличением стажа работы у обследованных рабочих групп 1 и 2 ( $r = 0,56, p \leq 0,005$ ), а бактерицидная активность нейтрофилов, наоборот, достоверно снижалась с увеличением стажа, но только у рабочих мужского пола в группе 1 (рис. 3). Не



А. Влияние на лейкоциты (\_\_\_ — мужчины, --- — женщины) / Effects on the leukocyte count (\_\_\_ — men, --- — women)



В. Влияние на лимфоциты (\_\_\_ — мужчины, --- — женщины) / Effects on the lymphocyte count (\_\_\_ — men, --- — women)

Рис. 2. Влияние профессии и пола на уровни лейкоцитов и лимфоцитов  
Fig. 2. Effects of occupation and gender on leukocyte and lymphocyte counts

Таблица 2. Скрининговые показатели иммунитета у рабочих, контактирующих с хризотил-асбестом, в зависимости от пола

Table 2. Results of immunity screening of the chrysotile-exposed workers by gender

Показатель / Indicator	Мужчины / Men n = 175	Женщины / Women n = 45
Лейкоциты, $\times 10^9/\text{л}$ / Leukocytes, $\times 10^9/\text{L}$	$7,07 \pm 1,93$	$5,65 \pm 1,40^*$
Лимфоциты, % / Lymphocytes, %	$34,63 \pm 8,23$	$31,81 \pm 7,05^*$
НСТ-тест, % / NBT test, %	$6,22 \pm 4,31$	$4,60 \pm 4,78^*$
SigA, мг/мл / mg/ml	$698,1 \pm 550,26$	$666,9 \pm 508,51$

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ , различия между мужчинами и женщинами по предприятию в целом.

Notes: \*  $p \leq 0.05$ , differences between male and female workers of the enterprise in general; differences are significant at  $p \leq 0.05$ .

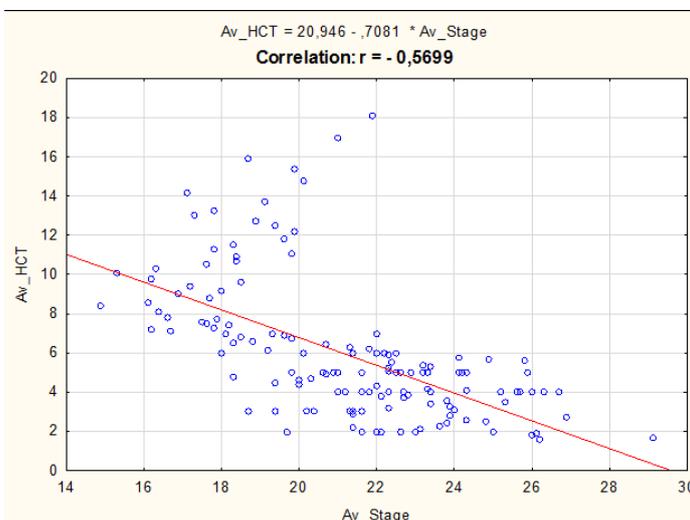


Рис. 3. Корреляционная связь между значением НСТ-теста и стажа работы у рабочих — мужчин участка добычи  
Fig. 3. The correlation between the NBT test result and the length of employment among the male miners

было установлено, что возраст влияет на эти показатели. При анализе влияния иммунологических показателей друг на друга определили, что с увеличением лимфоцитов бактерицидная активность нейтрофилов снижается ( $r = -0,63$ ,  $p \leq 0,05$ ).

**Обсуждение.** Расширение знаний об эпидемиологии пневмококка способствовало тому, что в 2017 году ВОЗ включила *Streptococcus pneumoniae* в число 12 приоритетных патогенов. В норме слизистая оболочка дыхательных путей защищена от прикрепления бактерий местным врожденным иммунитетом, который включает, в том числе, растворимые компоненты секретов. Интерес к профилактике пневмококковой инфекции объясняется ростом устойчивости возбудителя к антибиотикам и сохраняющимся уровнем заболеваемости во всем мире. Наряду с изменением эпидемиологии микроорганизма, интерес специалистов к возникновению пневмококковой инфекции у рабочих, подвергающихся воздействию вредных производственных факторов, обусловлен и ежегодными вспышками в рабочих коллективах, которые регулярно описываются в медицинской литературе [9]. Разрозненные отчеты о причинах вспышек поддерживают интерес к этой теме. В значительной степени знания об иммунном барьере легких получены при изучении иммунитета к инфекционным антигенам. Поэтому представляется важным обсудить некоторые защитные звенья легочного барьера, вовлеченные в противоинфекционный иммунитет, возможно, имеющие отношение к клиренсу пылевых частиц и с большой вероятностью участвующие в патогенезе пылевых заболеваний легких. Пневмококк обладает комплексом факторов, обеспечивающих его выживание на слизистой оболочке. Так, с помощью ферментов ( $\beta$ -галактозидаза и нейраминидаза) ингибируется мукоцилиарный клиренс, пневмолизин подавляет биение ресничек, а поверхностный белок С, связываясь с секреторным иммуноглобулином А, облегчает проникновение в клетку [10]. Возможно, благодаря этой способности повышение синтеза секреторного иммуноглобулина, которое мы наблюдали у обследованных рабочих с увеличением стажа, может повышать заболеваемость, обусловленную *Streptococcus pneumoniae*, при контакте с хризотил-асбестом у стажированных рабочих. Не менее важным звеном противоинфекционной защиты является бактерицидная функция нейтрофилов, которая обеспечивает фагоцитоз и переваривание микроорганизмов за счет активности системы НАДФ-, НАДФ Н-оксидазы, выработки активных окислителей, которые являются факторами не только защиты, но и повреждения тканей. Фагоцитированные пневмококки легко будут разрушены сериновыми протеазами нейтрофилов, но эффективность этого механизма снижается при влиянии на секрецию тромбоцит-активирующего фактора [11]. По данным литературы, угнетение этого звена иммунитета формируется у рабочих, подвергающихся длительному воздействию волокон хризотил-асбеста в высоких концентрациях [12, 13]. В проведенном исследовании мы наблюдаем

достоверное повышение бактерицидности у работающих в карьере по сравнению с контролем и снижение с увеличением стажа работы, что может создать благоприятные условия для развития инвазивных пневмококковых заболеваний в случае инфицирования, как описано в медицинской литературе [14]. Большинство ранних исследований было сосредоточено на клеточных реакциях в месте первичного отложения волокон асбеста, но клетки первого типа, вырабатывая хемокины, стимулируют приток нейтрофилов, лимфоцитов в ткани, возможно, это одна из причин достоверного изменения количества иммунокомпетентных клеток в крови, которое мы наблюдаем у рабочих асбестообогатительной фабрики в виде достоверного снижения лейкоцитов [15–18]. Однако выявленное снижение количества лейкоцитов говорит о возможном формировании дисбаланса в иммунной системе и формировании повышенной восприимчивости к инфекционным заболеваниям [19]. Как известно, между показателями фагоцитоза и секреторным иммуноглобулином существует определенный функциональный синергизм, в некоторых ситуациях синтез секреторного иммуноглобулина А стимулирует фагоцитоз, однако в нашем исследовании не установлена связь между секреторным иммуноглобулином А и НСТ-тестом, что, возможно, является дополнительным подтверждением развития иммунной недостаточности, повышающей риск развития инвазивных заболеваний, обусловленных *Streptococcus pneumoniae* [20–21].

#### Выводы

1. Заболеваемость внебольничной пневмонией у рабочих основных профессий выше, чем в контрольной группе, в 2,5 раза.

2. Воздействие пыли, содержащей хризотил-асбест, приводит к напряжению адаптивных и защитно-компенсаторных механизмов, снижению резистентности с формированием повышенной восприимчивости к вирусно-бактериальным инфекциям, развитию вторичной иммунной недостаточности у стажированных рабочих основных профессий, что способствует повышенной заболеваемости, в том числе внебольничной пневмонией.

3. Снижение количества лейкоцитов и лимфоцитов, повышение секреторного иммуноглобулина А, достоверное снижение бактерицидности нейтрофилов, а также стаж работы в основных профессиях могут использоваться в качестве критериев иммунокомпрометированности и повышенной восприимчивости к внебольничной пневмонии у рабочих на предприятии асбестоперерабатывающей отрасли.

**Информация о вкладе авторов:** концепция и дизайн исследования: Т.В. Бушуева, Н.А. Рослая; сбор и обработка материала, статистическая обработка: Т.В. Бушуева, А.Н. Варакин, А.С. Шагин, Е.П. Артеменко, Ю.В. Шалаумова, М.С. Ведерникова, А.К. Лабзова; написание текста: Т.В. Бушуева, Н.А. Рослая, М.С. Гагарина, О.В. Широкова; редактирование: М.С. Гагарина.

**Финансирование:** работа не имела спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Список литературы

(пп. 1, 4–11, 16, 18, 19, 21 см. References)

2. Бушуева Т.В., Рослая Н.А., Анкудинова А.В. и др. Иммунологические факторы риска развития внебольничной пневмонии у рабочих, контактирующих с хризотил-асбестом // *Здоровье населения и среда обитания*. 2020. № 9 (330). С. 79–83.
3. Рослая Н.А., Бушуева Т.В., Лабзова А.К. Особенности секреторных факторов защиты слизистых оболочек у рабочих групп риска по развитию бронхолегочной патологии // *Профессия и здоровье: Материалы XI Всероссийского Конгресса / Гл. ред. Н.Ф. Измеров. Москва, 27–29 ноября 2012 года. Издательство: Фирма «РЕИНФОР» 2012. С. 389–391.*
12. Кашнельсон Б.А., Алексева О.Г., Привалова Л.И., Ползик Е.В. Пневмокониозы: патогенез и биологическая профилактика. Екатеринбург: УрО РАН, 1995. 325 с.
13. Гордеева Р.В., Кузьменко О.В., Филимонов С.Н., Киреева Л.Н., Воеводина Е.В. Купирование воспалительного процесса в бронхах на этапе реабилитации больных профессиональной хронической обструктивной болезнью легких // *Медицина в Кузбассе*. 2017. Т. 16. № 4. С. 51–55.
14. Голубкова А.А., Сомова А.В. Роль *Streptococcus pneumoniae* в этиологии внебольничных пневмоний в крупном промышленном регионе Российской Федерации // *Тихоокеанский медицинский журнал*. 2018. № 3 (73). С. 29–33.
15. Титова О.Н., Кузубова Н.А., Лебедева Е.С., Преображенская Т.Н. Влияние иммуносупрессии на эффекторы воспаления в бронхоальвеолярном смыве при моделировании хронической обструктивной болезни легких у крыс // *Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова*. 2019. Т. 105. № 6. С. 771–779.
17. Хайтов М.Р., Ильина Н.И., Лусс Л.В., Бабахин А.А. Мукозальный иммунитет респираторного тракта и его роль при профессиональных патологиях // *Медицина экстремальных ситуаций*. 2017. Т. 61. № 3. С. 8–24.
20. Брико Н.И., Фельдблюм И.В. Иммунопрофилактика инфекционных болезней в России: состояние и перспективы совершенствования. *Эпидемиология и Вакцинопрофилактика*. 2017. Т. 16. № 2 (93). С. 4–9.
6. Wang Y, Wang G, Li Y, *et al.* Structural insights into secretory immunoglobulin A and its interaction with a pneumococcal adhesin. *Cell Res*. 2020;30(7):602–609. doi: 10.1038/s41422-020-0336-3
7. Novick S, Shagan M, Blau K, *et al.* Adhesion and invasion of *Streptococcus pneumoniae* to primary and secondary respiratory epithelial cells. *Mol Med Rep*. 2017;15(1):65–74. doi: 10.3892/mmr.2016.5996
8. Arakawa S, Suzukawa M, Watanabe K, *et al.* Secretory immunoglobulin A induces human lung fibroblasts to produce inflammatory cytokines and undergo activation. *Clin Exp Immunol*. 2019;195(3):287–301. doi: 10.1111/cei.13253
9. Cassir N, Pascal L, Ferrieux D, *et al.* Outbreak of pneumococcal pneumonia among shipyard workers in Marseille, France, January to February 2020. *Euro Surveill*. 2020;25(11):2000162. doi: 10.2807/1560-7917.ES.2020.25.11.2000162
10. Moreno AT, Oliveira ML, Ho PL, *et al.* Cross-reactivity of antipneumococcal surface protein C (PspC) antibodies with different strains and evaluation of inhibition of human complement factor H and secretory IgA binding via PspC. *Clin Vaccine Immunol*. 2012;19(4):499–507. doi: 10.1128/CI.05706-11
11. Grigg J, Miyashita L, Suri R. Pneumococcal infection of respiratory cells exposed to welding fumes; Role of oxidative stress and HIF-1 alpha. *PLoS One*. 2017;12(3):e0173569. doi: 10.1371/journal.pone.0173569
12. Katsnelson BA, Alekseyeva OG, Privalova LI, Polzik EV. [Pneumoconiosis: Pathogenesis and Biological Prophylaxis.] Yekaterinburg: UrO RAN Publ., 1995. (In Russian).
13. Gordeyeva RV, Kuzmenko OV, Filimonov SN, Kireeva LN, Voevodina EV. Builing the inflammatory process in bronches at the phase of patients rehabilitation with professional chronic obstructive lung disease. *Meditcina v Kuzbasse*. 2017;16(4):51–55. (In Russian).
14. Golubkova AA, Somova AV. Role of *Streptococcus pneumoniae* in the etiology of community-acquired pneumonia in a large industrial region of the Russian Federation. *Tikhookeanskiy Meditsinskiy Zhurnal*. 2018;(3(73)):29–33. (In Russian). doi: 10.17238/PmJ1609-1175.2018.3.29-33
15. Titova ON, Kuzubova NA, Lebedeva ES, Preobrazhenskaya TN. Effect of immunosuppression on the bronchoalveolar lavage effectors of inflammation in chronic obstructive pulmonary disease modeling in rats. *Rossiyskiy Fiziologicheskiy Zhurnal im. I.M. Sechenova*. 2019;105(6):771–779. (In Russian). doi: 10.1134/S0869813919060086
16. Kim GL, Seon SH, Rhee DK. Pneumonia and *Streptococcus pneumoniae* infection. *Arch Pharm Res*. 2017;40(8):885–893. doi: 10.1007/s12272-017-0933-y
17. Khaitov MR, Ilyna NI, Luss LV, Babakhin AA. Mucosal immunity of the respiratory tract and its role in occupational pathologies. *Meditcina Ekstremal'nykh Situatsiy*. 2017;61(3):8–24. (In Russian).
18. Ramos-Sevillano E, Ercoli G, Brown JS. Mechanisms of naturally acquired immunity to *Streptococcus pneumoniae*. *Front Immunol*. 2019;10:358. doi: 10.3389/fimmu.2019.00358
19. Jo BS, Lee J, Cho Y, *et al.* Risk factors associated with mortality from pneumonia among patients with pneumoconiosis. *Ann Occup Environ Med*. 2016;28:19. doi: 10.1186/s40557-016-0103-6
20. Briko NI, Feldblum IV. Immunoprophylaxis of infectious diseases in Russia: condition and perspective of improvement. *Epidemiologiya i Vaksino profilaktika*. 2017;16(2):4–9. (In Russian). doi: 10.31631/2073-3046-2017-16-2-4-9
21. Horácio AN, Silva-Costa C, Diamantino-Miranda J, *et al.* Portuguese Group for the Study of Streptococcal Infections. Population structure of *Streptococcus pneumoniae* causing invasive disease in adults in Portugal before PCV13 availability for adults: 2008–2011. *PLoS One*. 2016;11(5):e0153602. doi: 10.1371/journal.pone.0153602

## References

1. Shukla SD, Budden KF, Neal R, Hansbro PM. Microbiome effects on immunity, health and disease in the lung. *Clin Transl Immunology*. 2017;6(3):e133. doi: 10.1038/cti.2017.6
2. Bushueva TV, Roslaya NA, Ankudinova AV, *et al.* Immunological risk factors for community-acquired pneumonia in chrysotile asbestos workers. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2020;(9(330)):79–83. (In Russian). doi: 10.35627/2219-5238/2020-330-9-79-83
3. Roslaya NA, Bushueva TV, Labzova AK. [Features of secretory factors of mucosal protection in working groups at risk of bronchopulmonary pathology.] In: *Occupation and Health: Proceedings of the XI All-Russian Congress, Moscow, November 27–29, 2012*. Izmerov NF, ed. Moscow: REINFOR Publ., 2012:389–391. (In Russian).
4. Magouliotis DE, Tasiopoulou VS, Molyvdas PA, Gourgoulis KI, Hatzoglou C, Zarogiannis SG. Airways microbiota: Hidden Trojan horses in asbestos exposed individuals? *Med Hypotheses*. 2014;83(5):537–40. doi: 10.1016/j.mehy.2014.09.006
5. Ledda C, Costa C, Matera S, *et al.* Immunomodulatory effects in workers exposed to naturally occurring asbestos fibers. *Mol Med Rep*. 2017;15(5):3372–8. doi: 10.3892/mmr.2017.6384

## К 60-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ОЛЬГИ ВАЛЕНТИНОВНЫ ШИРОКОВОЙ

24 мая исполнилось 60 лет со дня рождения ведущего научного сотрудника, ученого секретаря ФБУН «Екатеринбургский медицинский – научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора кандидата медицинских наук Ольги Валентиновны Широковой.

О.В. Широкова родилась и жила в г. Свердловске, где после успешного окончания в 1984 году Свердловского медицинского института была приглашена на работу в Свердловский научно-исследовательский институт гигиены труда и профзаболеваний.

Свою научную карьеру в институте Ольга Валентиновна начала с должности младшего научного сотрудника лаборатории гигиены труда.

В тот период эта лаборатория была одной из первых в стране, где начали изучение влияния на здоровье работающих искусственных минеральных волокон в сравнении с хризотилсодержащей пылью с доказанными фиброгенными и канцерогенными свойствами. О.В. Широковой совместно с коллегами в серии экспериментов на животных было показано, что искусственные минеральные заменители хризотил-асбеста, в частности базальтовые волокна, обладают фиброгенными и канцерогенными свойствами, хотя и в меньшей степени.

Большие трудоемкие исследования были проведены О.В. Широковой совместно с коллегами – гигиенистами и физиологами – по изучению условий труда на крупнейших заводах по производству тепло- и звукоизоляционных материалов, основу которых составляли базальтовые волокна. Само производство, располагавшееся на Украине, оказалось с «сюрпризами»: наряду с ожидаемым раздражающим действием мелкой волокнистой пыли на кожу, верхние дыхательные пути и конъюнктиву глаза работающих было установлено, что в самых тяжелых условиях работали женщины – операторы раздува базальтовой массы, труд которых по показателям нагревающего микроклимата оказался самого высокого класса опасности. Было показано опасное влияние теплового излучения на работу сердечно-сосудистой, центральной нервной и дыхательной систем у женщин-операторов. Разработаны рекомендации по улучшению условий труда. Проведенные исследования и доказанное вредное действие пыли базальтовых волокон, хотя и менее выраженное, чем у пыли хризотил-асбеста, позволили Ольге Валентиновне в 1991 году успешно защитить диссертацию на соискание ученой степени кандидата медицинских наук «Основные вопросы гигиены труда в производстве базальтовых волокон».

Широкое знание проблем общей гигиены, медицины труда, трудолюбие, большая ответствен-



ность и организаторские способности Ольги Валентиновны стали основанием для назначения ее на должность ученого секретаря Центра. Уже более десяти лет она успешно занимается организацией работы Ученого совета, вопросами планирования и внедрения научно-исследовательских работ, выполняемых в рамках отраслевой программы Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, и ряда региональных программ, направленных на развитие системы научно-методического сопровождения мероприятий, улучшение показателей состояния среды обитания, предупреждение и снижение негативного влияния факторов профессионального и экологически обусловленного риска,

обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия населения.

Ольга Валентиновна принимает участие в организации образовательной деятельности по подготовке научных и врачебных кадров – аспирантов, соискателей, организаторов. Проводит значительную работу по организации и проведению научно-практических мероприятий различного уровня – от региональных до международных. Большое внимание она уделяет подготовке и изданию нормативно-методических документов, разработанных сотрудниками Центра.

О.В. Широкова является автором 44 печатных работ. Материалы ее исследований доложены на ряде республиканских и международных симпозиумов и конференций и получили одобрение научного сообщества.

Ольгу Валентиновну всегда отличали высокая культура общения с коллегами, трепетное отношение к молодым кадрам, чуткость, отзывчивость, доброжелательность. Она пользуется безграничным уважением в коллективе.

Среди наград О.В. Широковой – нагрудный знак «Заслуженный работник Роспотребнадзора», памятная медаль «90 лет Госсанэпидслужбе России», памятная медаль «95 лет Госсанэпидслужбе России», почетная грамота Министерства здравоохранения, а также множество благодарностей.

Уважаемая Ольга Валентиновна! Коллектив ФБУН «Екатеринбургский медицинский – научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора тепло поздравляет Вас с Юбилеем! Пусть накопленный жизненный опыт и мудрость будут всегда Вашими верными помощниками в достижении намеченных целей. Пусть приумножатся мгновения радости, любви и оптимизма. Желаем, чтобы Удача, Успех и Вдохновение были с Вами во всех начинаниях, а здоровье и благополучие – на высшем уровне в Вашей замечательной жизни!

*Коллектив ФБУН «Екатеринбургский медицинский – научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора*