

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 26.02.2021 г.
Формат издания 60х90/8 Печ. л. 11,25
Плановый тираж 1000 экз.
Цена 470 руб.



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™



**ULRICH'S
PERIODICALS DIRECTORY™**

Crossref

**Google
scholar**



ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ И СРЕДА ОБИТАНИЯ

Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya

№2 (335), 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. Иваночкина
Переводчик О.Н. Лежнина
Дизайн и верстка Е.В. Ломанова

РЕДКОЛЛЕГИЯ

В.Г. Акимкин
А.М. Большаков
Н.В. Зайцева
П.Ф. Кику
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. Балахонов (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. Суров (Москва)
С.Н. Киселев (Хабаровск)	В.А. Тутельян (Москва)
О.В. Клепиков (Воронеж)	В.П. Чашин (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)

16+

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

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: 26.02.2021

Publication format: 60x90/8

Conditional printed sheets volume: 11,25

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)
WEB OF SCIENCE™



Crossref



PUBLIC HEALTH AND LIFE ENVIRONMENT

Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya

No.2 (335), 2021

MONTHLY SCIENTIFIC AND PRACTICAL JOURNAL

Established in 1993

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

EDITORIAL GROUP

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

EDITORIAL BOARD

Vasily 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. Kutyrev (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

ВОПРОСЫ УПРАВЛЕНИЯ И
СОЦИАЛЬНОЙ ГИГИЕНЫ

Борщук Е.Л., Бегун Д.Н., Варенникова Ю.В., Дуйсембаева А.Н. Региональные особенности заболеваемости болезнями системы кровообращения населения Оренбургской области4

Рахманов Р.С., Богомолова Е.С., Разгулин С.А., Бахмудов Г.Г., Аликберов М.Х., Потехина Н.Н., Шуркин Д.А. Оценка заболеваемости военнослужащих, проходящих службу по контракту в Дагестане10

ГИГИЕНА ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ

Айзяткова М.В., Александрова И.Э., Мирская Н.Б., Исакова Н.В., Вершинина М.Г., Фисенко А.П. Влияние использования интерактивных панелей в процессе учебных занятий на основные параметры внутришкольной среды15

Давлетова Н.Х., Тафеева Е.А. Анализ изменения концентрации диоксида углерода в воздухе учебных помещений спортивного вуза22

Чернова Г.В., Сидоров В.В., Сидоров П.В., Ширяева Л.В. Варьирование показателей физического развития новорожденных детей как проявление адаптивной самоорганизации их систем к изменяющимся условиям среды обитания28

КОММУНАЛЬНАЯ ГИГИЕНА

Васильев В.В., Т.В. Рябинина, М.В. Перекусихин, Е.В. Васильев. Обеспечение населения региона качественной питьевой водой в рамках реализации проекта «Чистая вода» в Пензенской области35

ГИГИЕНА ТРУДА

Базарова Е.Л., Федорук А.А., Ошеров И.С., Рослая Н.А., Бабенко А.Г. Оценка профессионального риска здоровью при работе со сплавами на основе титана по результатам периодического медицинского осмотра и обращаемости43

Харитонов В.В. Гигиеническая характеристика акустической обстановки в салоне вертолета Ми-854

ЭПИДЕМИОЛОГИЯ

Кривошеев В.В., Столяр А.И. Влияние относительной влажности воздуха на заболеваемость коронавирусом COVID-1961

Сизова Е.П., Патяшина М.А., Ставропольская Л.В., Бадамшина Г.Г., Фатхутдинова Л.М. Изучение гуморального иммунитета у медицинских работников, находящихся в контакте с пациентами с COVID-1970

Шиянова А.Е., Чумачкова Е.А., Дмитриева Л.Н. Межведомственные учения по санитарной охране территории в международных автомобильных пунктах пропуска75

Семакова А.П., Германчук В.Г., Шавина Н.Ю. Современный подход к оценке качества лабораторных животных, используемых в экспериментальных целях84

CONTENTS

ISSUES OF MANAGEMENT AND
SOCIAL HYGIENE

Borshchuk E.L., Begun D.N., Varennikova Yu.V., Duisembaeva A.N. Regional features of the incidence of diseases of the circulatory system in the population of the Orenburg Region4

Rakhmanov R.S., Bogomolova E.S., Razgulin S.A., Bakhtudov G.G., Alikberov M.Kh., Potekhina N.N., Shurkin D.A. Assessment of morbidity of contract military personnel in Dagestan10

PEDIATRIC HYGIENE

Ayzyatova M.V., Aleksandrova I.E., Mirskaya N.B., Isakova N.V., Vershinina M.G., Fisenko A.P. The impact of using interactive panels in the learning process on the main parameters of the indoor school environment15

Davletova N.Kh., Tafееva E.A. Analysis of changes in the concentration of carbon dioxide in indoor air of a sports university22

Chernova G.V., Sidorov V.V., Sidorov P.V., Shiryayeva L.V. Variation of indicators of newborn physical development as a manifestation of adaptive self-organization of their systems to changing environmental conditions28

COMMUNAL HYGIENE

Vasilyev V.V., Ryabinina T.V., Perekusihin M.V., Vasilyev E.V. Provision of safe drinking water to the local population within the Clean Water Project implemented in the Penza Region36

OCCUPATIONAL HEALTH

Bazarova E.L., Fedoruk A.A., Oshero V.I.S., Roslaya N.A., Babenko A.G. Assessment of occupational health risks from exposure to titanium alloys based on the results of periodic medical examinations and doctor's visits43

Kharitonov V.V. Hygienic characteristics of the acoustic environment in the Mi-8 helicopter cabin54

EPIDEMIOLOGY

Krivosheev V.V., Stolyarov A.I. Impact of relative humidity on COVID-19 incidence61

Sizova E.P., Patyashina M.A., Stavropolskaya L.V., Badamshina G.G., Fatkhutdinova L.M. The study of humoral immunity in healthcare workers exposed to COVID-19 patients70

Shyanova A.E., Chumachkova E.A., Dmitrieva L.N. Interdepartmental drills on sanitary protection of the territory at border patrol checkpoints75

Semakova A.P., Germanchuk V.G., Shavina N.Yu. Modern approach to assessing quality of laboratory animals used for experimental purposes84

© Борщук Е.Л., Бегун Д.Н., Варенникова Ю.В., Дуйсембаева А.Н., 2021

УДК 616.1-036.2 (470.56)

Региональные особенности заболеваемости болезнями системы кровообращения населения Оренбургской области

Е.Л. Борщук¹, Д.Н. Бегун¹, Ю.В. Варенникова^{1,2}, А.Н. Дуйсембаева¹¹ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный медицинский университет» Минздрава России, ул. Советская, д. 6, г. Оренбург, 460000, Российская Федерация²ГБУЗ Оренбургской области «Медицинский информационно-аналитический центр», ул. Маршала Жукова, д. 42, г. Оренбург, 460024, Россия

Резюме: *Введение.* В настоящее время на территории Российской Федерации и в Оренбургской области реализуются национальные проекты «Здравоохранение», «Демография», в том числе региональный проект «Борьба с сердечно-сосудистыми заболеваниями». К 2024 г. стоит задача снижения показателя смертности от болезней системы кровообращения по итогу реализации национального проекта «Здравоохранение» до 450 на 100 000 населения (в 2018 г. – 573,6 на 100 000 населения). В соответствии с региональным проектом в области показатель смертности в 2024 г. должен составлять 477 на 100 000 населения (2018 г. – 635,5 на 100 000 населения). Однако, как показывает практическая реализация проекта, в 2019–2020 гг. прогнозируемые показатели не достигнуты, поэтому необходимо проведение мониторинга этого показателя, оценка, в том числе с применением информационных технологий, предотвратимых потерь, связанных с болезнями системы кровообращения. *Цель.* Определение региональных особенностей формирования структуры, динамики и уровня болезней системы кровообращения среди населения региона, определение муниципальных районов, неблагополучных по уровню сердечно-сосудистой патологии. *Материалы и методы.* Использованы данные российских статистических сборников «Медико-демографические показатели» за 2009–2018 гг., «Заболеваемость населения России» за 2009–2018 гг. и ежегодных информационно-аналитических сборников МИАЦ Оренбургской области за 2009–2018 гг. Использовался метод сплошного наблюдения, статистический (анализ динамических рядов). *Результаты.* За десятилетний период в Оренбургской области отмечен рост первичной заболеваемости населения. Максимальный уровень первичной заболеваемости в регионе зарегистрирован в 2018 г. – $67,0 \pm 1,8$ на 1000 населения, минимальное значение показателя наблюдалось в 2009 г. – $27,0 \pm 0,27$ на 1000 населения. *Выводы.* В Оренбургской области за исследуемый период отмечается рост первичной заболеваемости населения болезнями системы кровообращения и достоверное снижение общей заболеваемости взрослого населения от сердечно-сосудистых заболеваний. В структуре заболеваемости лидируют болезни, характеризующиеся повышенным кровяным давлением.

Ключевые слова: заболеваемость, болезни системы кровообращения, Оренбургская область.

Для цитирования: Борщук Е.Л., Бегун Д.Н., Варенникова Ю.В., Дуйсембаева А.Н. Региональные особенности заболеваемости болезнями системы кровообращения населения Оренбургской области // Здоровье населения и среда обитания. 2021. № 2 (335). С. 4–9. DOI: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-335-2-4-9>

Сведения об авторах:

✉ **Борщук** Евгений Леонидович – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой общественного здоровья и здравоохранения №1 ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный медицинский университет» Минздрава России; e-mail: be6262@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3617-5908>.

Бегун Дмитрий Николаевич – доктор медицинских наук, профессор кафедры общественного здоровья и здравоохранения №1 ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный медицинский университет» Минздрава России; e-mail: orgma@esoo.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8920-6675>.

Варенникова Юлия Викторовна – директор государственного бюджетного учреждения здравоохранения Оренбургской области «Медицинский информационно-аналитический центр», старший преподаватель кафедры общественного здоровья и здравоохранения №1 ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный медицинский университет» Минздрава России; e-mail: oob51@mail.orb.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9769-9599>.

Дуйсембаева Айслу Нагашыбаевна – ассистент кафедры общественного здоровья и здравоохранения №1 ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный медицинский университет» Минздрава России; e-mail: k.kro1@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5762-4277>.

Regional Features of the Incidence of Diseases of the Circulatory System in the Population of the Orenburg Region

E.L. Borshchuk,¹ D.N. Begun,¹ Yu.V. Varennikova,^{1,2} A.N. Duisembaeva¹¹Orenburg State Medical University of the Russian Ministry of Health, 6 Sovetskaya Street, Orenburg, 460000, Russian Federation²Medical Information and Analytical Center, 42 Marshal Zhukov Street, Orenburg, 460024, Russian Federation

Summary. *Introduction:* At present, National Healthcare and Demography Projects are being implemented in the Russian Federation and in the Orenburg Region, including the Regional Project for Prevention of Cardiovascular Diseases. Within the National Healthcare Project, the task has been set to reduce the mortality rate from diseases of the circulatory system to 450 per 100,000 population by the year 2024 (from 573.6 per 100,000 population registered in 2018). The regional goal is 477 per 100,000 population in 2024 (against 635.5 per 100,000 population in the year 2018). However, practical implementation of the project shows that in 2019–2020, the targets were not achieved. It is, therefore, important to monitor this indicator and to assess preventable losses associated with diseases of the circulatory system by all possible means including with the use of information technologies. Our objective was to establish regional features of the structure, dynamics, and rates of diseases of the circulatory system among the population of the region and to determine municipalities with high rates of cardiovascular disorders. *Materials and methods:* We used data of the Russian statistical collections “Medical and Demographic Indicators”, “Morbidity of the Population of Russia”, and annual information and analytical collections of the Orenburg Medical Information and Analytical Center for the years 2009–2018 to conduct a time series analysis. *Results:* We observed an increase in the incidence rate of diseases of the circulatory system in the population of the Orenburg Region over the ten-year period. The maximum regional rate of 67.0 ± 1.8 per 1,000 population was registered in 2018 while the minimum rate was observed in 2009 and equaled 27.0 ± 0.27 per 1,000 population. *Conclusion:* The study period was characterized by an increase in the incidence of diseases of the circulatory system accompanied by a statistically significant decrease in the prevalence of cardiovascular diseases in the adult population of the Orenburg Region. The diseases related to high blood pressure ranked first.

Keywords: incidence, diseases of the circulatory system, Orenburg Region.

For citation: Borshchuk EL, Begun DN, Varennikova YuV, Duisembaeva AN. Regional features of the incidence of diseases of the circulatory system in the population of the Orenburg Region. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2020; (2(335)):4–9. (In Russian) DOI: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-335-2-4-9>

Author information:

✉ Evgeni L. Borshchuk, D.M.Sc., Professor, Head of the Department of Public Health and Health Care No. 1, Orenburg State Medical University of the Russian Ministry of Health; e-mail: be6262@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3617-5908>.

Dmitry N. Begun, D.M.Sc., Professor, Department of Public Health and Health Care No. 1, Orenburg State Medical University of the Russian Ministry of Health; e-mail: orgma@esoo.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8920-6675>.

Yulia V. Varennikova, Director of the State Budgetary Healthcare Institution of the Orenburg Region "Medical Information and Analytical Center"; Senior Lecturer, Department of Public Health and Healthcare No. 1, Orenburg State Medical University of the Russian Ministry of Health; e-mail: oob51@mail.orb.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9769-9599>.

Aislu N. Duisembaeva, Assistant, Department of Public Health and Health Care No. 1, Orenburg State Medical University of the Russian Ministry of Health; e-mail: k.kro1@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5762-4277>.

Введение. В настоящее время одним из приоритетных направлений политики нашего государства является улучшение демографической ситуации и, в первую очередь, снижение смертности населения от управляемых причин [1–3]. Среди основных причин высокой заболеваемости и смертности главной является сердечно-сосудистая патология [4–6]. Болезни системы кровообращения (БСК) по распространенности занимают лидирующие позиции среди других заболеваний [7–9], а также являются основной причиной смерти во всем мире [10–12]. Однако стандартизованный коэффициент смертности от сердечно-сосудистой патологии в Российской Федерации остается одним из самых высоких в Европе и мире [13–15]. Знание ситуации об уровне и динамике заболеваемости болезнями системы кровообращения необходимо для принятия управленческих решений с учетом социальной значимости проблемы [16–18].

Цель исследования — определение региональных особенностей формирования структуры, динамики и уровня БСК среди населения региона, определение муниципальных районов, неблагополучных по уровню сердечно-сосудистой патологии.

Материалы и методы исследования. Для анализа были взяты сводные отчеты Государственного бюджетного учреждения здравоохранения по Оренбургской области «Медицинский информационно-аналитический центр». Исследуемый период составил десять лет — с 2009 по 2018 г. Численность населения была приводится по данным территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Оренбургской области. На 1 января 2019 г. в Оренбургской области числилось 1 945 305 человек. Показатели и коэффициенты многолетней динамики впервые выявленной и общей заболеваемости системы кровообращения рассчитаны на 100 000 населения. Показатели заболеваемости вычислялись исходя из среднегодовой численности населения. При стандартизации показателей заболеваемости была использована европейская модель населения. Изучение заболеваемости населения, в том числе конкретными классами болезней, проводилось на основе представленных по региону данных формы 12 федерального статистического наблюдения «Сведения о числе заболеваний, зарегистрированных у пациентов, проживающих в районе обслуживания медицинской организацией». Были использованы сборники ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» Минздрава России «Медико-демографические показатели в Российской Федерации» за 2009–2018 гг.

и «Заболеваемость всего населения России» за 2009–2018 гг. Для анализа статистических данных был применен корреляционный анализ. Для выявления достоверности полученных данных использовался метод расчета хи-квадрат Пирсона. Для характеристики муниципальных образований был применен кластерный анализ методом иерархической классификации с правилом объединения по методу полной связи и мерой близости евклидовым расстоянием, что позволило изначально формировать статистически значимо различающиеся кластеры ($p < 0,05$) [19].

Результаты исследования. Структура общей заболеваемости в Оренбургской области остается неизменной последние 5 лет: первое место занимают болезни органов дыхания (23 %), второе место — болезни системы кровообращения (18 %), третье — болезни костно-мышечной системы (8 %), по данным 2018 года. В динамике основных причин, влияющих на уровень общей заболеваемости, отмечается неуклонная тенденция к росту заболеваемости БСК. Для проведения исследования были проанализированы данные о заболеваемости БСК всего населения Оренбургской области за 2009–2018 гг. В 2018 году в структуре общей заболеваемости населения области на долю БСК приходилось 17,8 %. В целом по региону отмечалось достоверное снижение общей заболеваемости среди взрослого населения БСК за исследуемый период (темп снижения 9,1 %), среди детского контингента (0–17 лет) выявился рост заболеваемости (темп прироста составил 12,3 %).

Динамика общей заболеваемости болезнями системы кровообращения имеет тенденцию к увеличению за счет положительного прироста заболеваемости у детского населения [20]. Показатель заболеваемости взрослого населения превышает аналогичные показатели среди детей в 5,4 раза. Показатели общей заболеваемости БСК всего населения Оренбургской области варьируют от 27 633,0 до 31 095,0 случаев на 100 000 населения.

За последние девять лет в Оренбургской области отмечен рост первичной заболеваемости населения. Темп прироста первичной заболеваемости в целом по области с 2009 по 2018 г. составил 40,4 %. Максимальный уровень первичной заболеваемости в Оренбургской области зарегистрирован в 2018 г. Показатель составил $67,0 \pm 1,8$ на 1000 населения. Минимальное значение показателя наблюдалось в 2009 г. и составило $27,0 \pm 0,27$ на 1000 населения.

Структура и динамика первичной заболеваемости имеет, в отличие от структуры общей заболеваемости, другой вид. Лидирующую позицию, по данным 2018 г., занимают, так

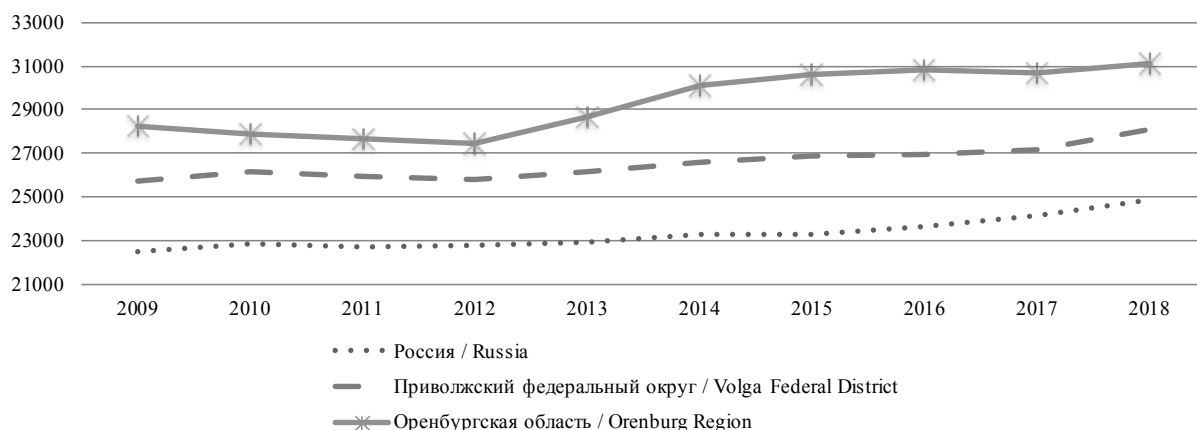


Рис. 1. Динамика общей заболеваемости болезнями системы кровообращения в России, Приволжском федеральном округе и в Оренбургской области в 2009–2018 гг. (на 100 000 населения)
Fig. 1. Prevalence rates of diseases of the circulatory system in the Russian Federation, the Volga Federal District and the Orenburg Region, 2009–2018 (per 100,000 population)

же, как в структуре общей заболеваемости, болезни органов дыхания — 40,0 %, на втором месте — травмы и отравления (10 %), на третьем — болезни системы кровообращения (8 %). Показатель с 2009 г. проявляет выраженную тенденцию к росту и к 2018 г. увеличился в 1,7 раза. Как указано в постановлении Правительства Оренбургской области 28.06.2019 № 450 «Об утверждении региональной программы «Борьба с сердечно-сосудистыми заболеваниями»¹, одной из причин отмеченной динамики является рост объемов и качества углубленных методов исследования. При проведении диспансерных осмотров взрослого населения применялся метод дуплексного сканирования брахицефальных артерий, использование которого привело к увеличению выявленных заболеваний за последние несколько лет в 6,6 раза.

В структуре заболеваемости БСК первое по значимости место занимают болезни, характеризующиеся повышенным кровяным давлением. Доля данной причины составляет 39,1 % (число зарегистрированных случаев с

данным диагнозом на 100 тыс. населения — 14 202,0) от общей заболеваемости БСК. Доля первичной заболеваемости болезнями, характеризующимися повышенным кровяным давлением, в структуре общей заболеваемости составляет 18,5 % (число впервые выявленных больных с данным диагнозом — 2620,4 на 100 тыс. населения).

Второй по значимости причиной являются цереброваскулярные болезни. Доля данной причины составляет 20 % от общей и 24,7 % от первичной заболеваемости БСК. Третья по значимости причина — ишемические болезни сердца. Доля этой причины составляет 11,6 % и 13 % соответственно.

Негативная динамика в определенной мере является результатом улучшения выявления этой патологии [21–23], но также объясняется медико-демографическими процессами. Население Оренбургской области ежегодно уменьшается, а доля лиц пожилого и старческого возраста растет, что приводит к росту заболеваемости, характерной для этой возрастной категории

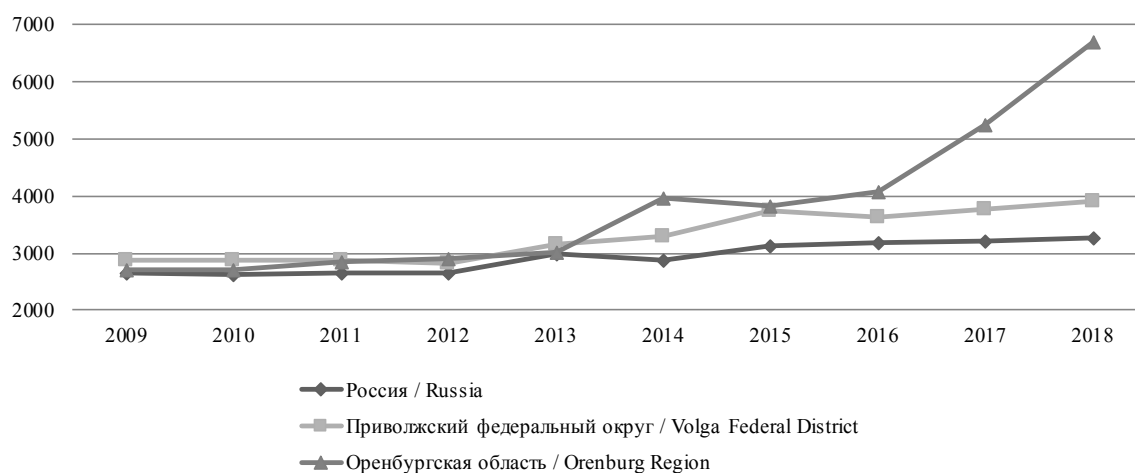


Рис. 2. Динамика первичной заболеваемости болезнями системы кровообращения в Российской Федерации, Приволжском федеральном округе и Оренбургской области в 2009–2018 гг. (на 100 000 населения)
Fig. 2. Incidence rates of diseases of the circulatory system in the Russian Federation, the Volga Federal District and the Orenburg Region, 2009–2018 (per 100,000 population)

¹ Постановление Правительства Оренбургской области «Об утверждении региональной программы «Борьба с сердечно-сосудистыми заболеваниями» (с изменениями на 25 октября 2019 года). URL: <http://docs.cntd.ru/document/561439723>. Ссылка активна на 20 ноября 2020.

населения [24, 25]. Кроме того, умеренный спад общей заболеваемости взрослого населения [26–28] может происходить за счет высокой смертности населения старше трудоспособного возраста [29, 30].

Для выявления административных территорий, неблагополучных по сердечно-сосудистой патологии, были рассчитаны среднеголетний показатель общей заболеваемости по Оренбургской области и по муниципальным территориям региона. Среднеголетний уровень общей заболеваемости в Оренбургской области болезнями системы кровообращения составил $47,58 \pm 1,70$ на 1000 населения и оказался выше, чем в Российской Федерации и Приволжском федеральном округе (ПФО).

Среднеголетний показатель общей заболеваемости достоверно превышал среднеголетний областной показатель в Курманаевском, Саракташском, Бугурусланском, Матвеевском районах. В Тоцком, Акбулакском, Бугурусланском, Курманаевском, Новоорском, Октябрьском, Северном, Переволоцком и Соль-Илецком районах показатель первичной заболеваемости оказался выше уровня среднеголетнего областного.

Максимальный уровень общей заболеваемости болезнями системы кровообращения за изучаемый период наблюдался в Бугурусланском, Матвеевском, Курманаевском,

Сорочинском, Оренбургском, Светлинском, Переволоцком, Октябрьском, Шарлыкском районах. В Первомайском, Гайском, Новоорском, Адамовском, Ясенском районах, г. Орске и г. Новотроицке был выявлен низкий уровень заболеваемости БСК.

На рис. 3 представлен результат кластерного анализа муниципальных образований, выполненного с использованием показателей общей и первичной заболеваемости за период 2009–2018 гг. по причине болезней системы кровообращения. Установлено, что на уровне расстояния объединения, равного 50, можно объединить в четыре кластера территории, входящие в Оренбургскую область, по совокупности указанных показателей.

Из таблицы видно, что самые высокие значения по первичной и по общей заболеваемости отмечены в муниципальных районах, входящих во второй кластер. Динамика показателей первичной заболеваемости имеет тенденцию к увеличению. Максимальный уровень темпа прироста выявлен во втором кластере. Муниципальные территории, входящие в третий кластер, являются более благополучными по первичной заболеваемости болезнями системы кровообращения.

Динамика показателей общей заболеваемости имеет тенденцию к снижению. В районах, входящих в первый, второй и третий кластеры,

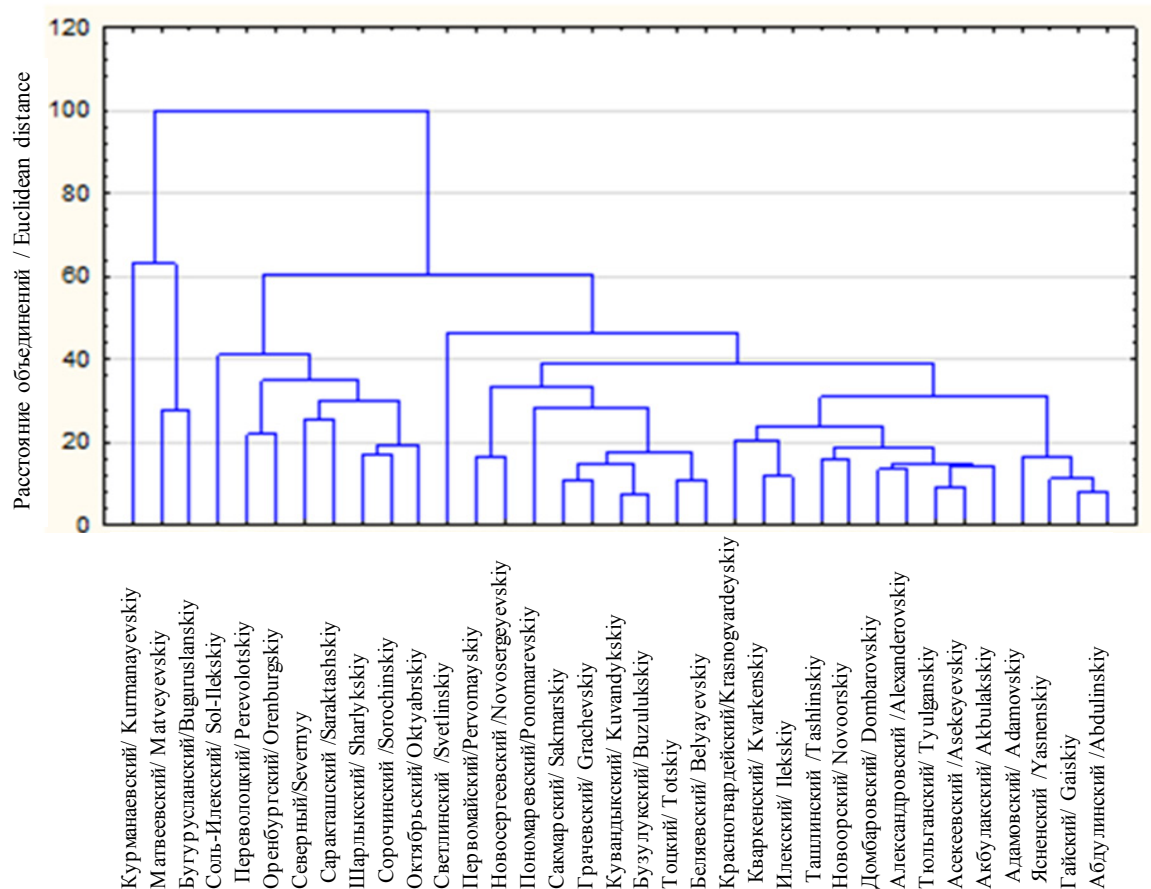


Таблица. Характеристика кластеров муниципальных образований Оренбургской области по показателям первичной и общей заболеваемости по причине болезней системы кровообращения
Table. Characteristics of clusters of municipalities of the Orenburg Region in terms of incidence and prevalence rates of diseases of the circulatory system

Кластеры / Clusters	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Среднее по кластеру / Average for the cluster
1	43,7	39,3	42,6	53,6	56,2	82,9	68,9	76,33	77,1	97,9	63,8
2	75,0	79,5	97,1	72,4	86,2	94,0	101,6	47,4	91,0	96,2	84,0
3	36,4	36,2	30,5	25,5	18,1	18,6	33,4	22,0	21,4	33,5	27,6
4	31,3	33,8	35,3	32,7	32,0	32,0	32,4	35,5	42,3	61,5	36,9
1	443,4	400,1	344,4	341,4	346,2	386,4	360,0	353,8	331,0	247,3	355,4
2	523,2	511,4	471,0	440,4	475,5	495,6	698,2	687,7	657,0	492,6	545,3
3	401,8	402,9	368,8	271,6	231,7	212,1	186,3	190,8	220,9	247,6	273,5
4	261,0	274,6	230,6	240,1	254,5	256,8	272,0	277,6	274,5	289,5	263,1
Среднее значение по муниципальным образованиям / Average for municipalities	227,0	222,2	202,6	184,7	187,5	197,3	219,1	211,4	214,4	195,8	206,2

температура имеет отрицательное значение. Только четвертый кластер имеет тенденцию к повышению.

Выводы

1. В динамике основных причин, имеющих влияние на уровень общей заболеваемости, отмечается неуклонная тенденция к росту заболеваемости болезнями системы кровообращения.

2. За последние десять лет в Оренбургской области отмечен рост первичной заболеваемости населения.

3. В целом по региону отмечалось достоверное снижение общей заболеваемости среди взрослого населения сердечно-сосудистой патологией за исследуемый период.

4. Наиболее неблагоприятными территориями, по результатам кластерного анализа, являются Соль-Илецкий, Северный, Саракташский, Первоуральский, Оренбургский, Октябрьский, Бузулукский, Шарлыкский районы, имеющие самые высокие показатели по первичной и общей заболеваемости болезнями системы кровообращения.

Информация о вкладе авторов: Борщук Е.Л. — разработка дизайна исследования, анализ полученных данных, написание текста рукописи; Бегун Д.Н.: разработка дизайна исследования, анализ полученных данных, написание текста рукописи; Варенникова Ю.В. — получение данных для анализа, анализ полученных данных; Дуйсембаева А.Н. — обзор публикаций по теме статьи, написание текста рукописи.

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. 1, 2, 4–13, 21, 27, 28 см. References)

- Оганов Р.Г., Масленникова Г.Я. Демографические тенденции в Российской Федерации: вклад болезней системы кровообращения // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2012. Т. 11. № 1. С. 5–10.
- Измеров Н.Ф., Тихонова Г.И., Горчакова Т.Ю. Смертность населения трудоспособного возраста в России и развитых странах Европы: тенденции последнего десятилетия // Вестник РАМН. 2014. Т. 69. № 7–8. С. 121–126.
- Кику П.Ф., Бениова С.Н., Морев В.Г. и др. Эколого-гигиенические факторы и распространенность

болезней системы кровообращения // Здравоохранение Российской Федерации. 2019. Т. 63. № 2. С. 92–97. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0044-197X-2019-63-2-92-97>

- Москвичева М.Г., Белова С.А., Кремлев С.Л. и др. Региональные особенности заболеваемости и смертности от болезней системы кровообращения // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2016. Т. 15. № 4. С. 66–69.
- Сон И.М., Леонов С.А., Зайченко Н.М. Сборник статистических материалов по болезням системы кровообращения М.: Рио ЦНИИОИЗ МЗ РФ, 2015. 268 с.
- Бойцов С.А. Чазов Е.И., Шляхто Е.В. и др. Научно-организационный комитет проекта ЭССЕ-РФ. Эпидемиология сердечно-сосудистых заболеваний в различных регионах России (ЭССЕ-РФ). Обоснование и дизайн исследования // Профилактическая медицина. 2013. Т. 16. № 6. С. 25–34.
- Боев В.М., Борщук Е.Л., Екимов А.К. и др. Руководство по обеспечению решения медико-биологических задач с применением программы Statistica 10.0. Оренбург: ОАО «ИПК «Южный Урал», 2014. 208 с.
- Дуйсембаева А.Н., Борщук Е.Л. Стандартизированные показатели смертности населения от болезней системы кровообращения на примере Оренбургской области. Проблемы городского здравоохранения. Выпуск 25. Сборник научных трудов под редакцией з.д.н. РФ, д.м.н., профессора Н.И. Вишнякова, д.м.н., профессора И.М. Барсуковой. Санкт-Петербург, 2020. С. 63–67.
- Онищенко Г.Г. Актуальные задачи гигиенической науки в сохранении здоровья населения. // Гигиена и санитария. 2015. Т. 94. № 3. С. 5–9.
- Масленникова Г.Я., Оганов Р.Г., Аксельрод С.В. и др. Снижение смертности от сердечно-сосудистых и других инфекционных заболеваний в экономических с высоким уровнем доходов населения: участие негосударственных структур // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2015. Т. 14. № 6. С. 5–9. DOI: 10.15829/1728-8800-2015-6-5-9
- Борщук Е.Л., Бегун Д.Н., Бегун Т.В. Характеристика показателя смертности в Оренбургской области в 2011–2017 гг. // Наука и инновации в медицине. 2020. Т. 5. № 2. С. 99–104. DOI: 10.35693/2500-1388-2020-5-2-99-104
- Стародубов В.И., Сон И.М., Леонов С.А. и др. Оценка влияния модернизации здравоохранения на динамику заболеваемости взрослого населения страны // Менеджер здравоохранения. 2013. № 5. С. 6–17.
- Кондеева А.В., Муканеева Д.К., Мырзаматова А.О. и др. Экономический ущерб факторов риска, обусловленный их вкладом в заболеваемость и смертность от основных хронических инфекционных заболеваний в Российской Федерации в 2016 году. // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2020. Т. 19. № 1. С. 48–55. DOI:10.15829/1728-8800-2020-1-2396

29. Бойцов С.А., Деев А.Д., Шальнова С.А. Смертность и факторы риска развития неинфекционных заболеваний в России: особенности, динамика, прогноз // *Терапевтический архив*. 2017. Т. 89. № 1. С. 5–13.
30. Оганов Р.Г., Концевая А.В., Калинина А.М. Экономический ущерб от сердечно-сосудистых заболеваний в Российской Федерации // *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2011. Т. 10. № 4. С. 4–9.

References

1. Khalyavkin AV, Krut'ko VN. How regularities of mortality statistics explain why we age despite having potentially ageless somatic stem cells. *Biogerontology*. 2018; 19(1):101–108. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10522-017-9728-2>
2. Lu M, Xia H, Ma J, et al. Relationship between adherence to secondary prevention and health literacy, self-efficacy and disease knowledge among patients with coronary artery disease in China. *Eur J Cardiovasc Nurs*. 2020; 19(3):230–237. DOI: <https://doi.org/10.1177/1474515119880059>
3. Oganov RG, Maslennikova GY. Demographic trends in the Russian Federation: the impact of cardiovascular disease. *Kardiovaskulyarnaya Terapiya i Profilaktika*. 2012; 11(1):5–10. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2012-1-5-10>
4. Akkineni SSL, Mohammed O, Pathiraj JPK, et al. Readmissions and clinical outcomes in heart failure patients: A retrospective study. *Clin Epidemiol Glob Health*. 2020; 8(2):495–500. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cegh.2019.11.002>
5. Timmis A, Townsend N, Gale C, et al. European Society of Cardiology: Cardiovascular Disease Statistics 2017. *Eur Heart J*. 2018; 39(7):508–579. DOI: <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehx628>
6. Andersson C, Vasan RS. Epidemiology of cardiovascular disease in young individuals. *Nat Rev Cardiol*. 2018; 15(4):230–240. DOI: <https://doi.org/10.1038/nrcardio.2017.154>
7. Leong DP, Joseph PG, McKee M, et al. Reducing the global burden of cardiovascular disease, part 2: prevention and treatment of cardiovascular disease. *Circ Res*. 2017; 121(6):695–710. DOI: <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.117.311849>
8. Mann DL, Zipes DP, Libby P, et al. *Braunwald's heart disease: a textbook of cardiovascular medicine*. 10th ed. Elsevier; 2014. 2040 p.
9. Piepoli MF, Abreu A, Albus C, et al. Update on cardiovascular prevention in clinical practice: A position paper of the European Association of Preventive Cardiology of the European Society of Cardiology. *Eur J Prev Cardiol*. 2020; 27(2):181–205. DOI: <https://doi.org/10.1177/2047487319893035>
10. Piepoli MF, Hoes AW, Agewall S, et al. 2016 European Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice: The Sixth Joint Task Force of the European Society of Cardiology and Other Societies on Cardiovascular Disease Prevention in Clinical Practice (constituted by representatives of 10 societies and by invited experts). Developed with the special contribution of the European Association for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation (EACPR). *Eur Heart J*. 2016; 37(29):2315–2381. DOI: <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehw106>
11. Lee SW, Kim HC, Lee HS, et al. Thirty-year trends in mortality from cardiovascular diseases in Korea. *Korean Circ J*. 2015; 45(3):202–209. DOI: <https://doi.org/10.4070/kcj.2015.45.3.202>
12. Global Burden of Cardiovascular Diseases Collaboration. Roth GA, Johnson CO, et al. The burden of cardiovascular diseases among US States, 1990–2016. *JAMA Cardiol*. 2018; (3(5)):375–389. DOI: <https://doi.org/10.1001/jamacardio.2018.0385>
13. Soares GP, Klein CH, Silva NA, et al. Progression of mortality due to diseases of the circulatory system and human development index in Rio de Janeiro municipalities. *Arq Bras Cardiol*. 2016; 107(4):314–322. DOI: <https://doi.org/10.5935/abc.20160141>
14. Izmerov NF, Tikhonova GI, Gorchakova TY. Mortality of working age population in Russia and industrial countries in Europe: trends of the last two decades. *Vestnik RAMN*. 2014; 69(7–8):121–126. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.15690/vramn.v69i7-8.1118>
15. Kiku PF, Beniova SN, Moreva VG, et al. Ecological and hygienic factors and prevalence of the diseases of the circulatory system. *Zdravookhranenie Rossijskoi Federatsii*. 2019; 63(2):92–97. (In Russian). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0044-197X-2019-63-2-92-97>
16. Moskvicheva MG, Belova SA, Kremlev SL, et al. Regional specifics of cardiovascular morbidity and mortality. *Kardiovaskulyarnaya Terapiya i Profilaktika*. 2016; 15(4):66–69. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2016-4-66-69>
17. Son IM, Leonov SA, Zaichenko NM. [Collection of statistical materials on diseases of the circulatory system.] Moscow: Rio TsNIIOIZ MZ RF Publ., 2015. 268 p. (In Russian).
18. Research Organizing Committee of the ESSE-RF Project. Epidemiology of cardiovascular diseases in different regions of Russia (ESSE-RF). The rationale for and design of the study. *Profilakticheskaya Meditsina*. 2013; 16(6):25–34. (In Russian).
19. Boev VM, Borshchuk EL, Ekimov AK, et al. [Guidelines for ensuring the solution of biomedical problems using the Statistica 10.0 program.] Orenburg: IPK Yuzhnyi Ural Publ., 2014. 208 p. (In Russian).
20. Duisembaeva AN, Borshchuk EL. [Standardized mortality rates of the population from diseases of the circulatory system on the example of the Orenburg region.] In: *Urban Healthcare Problems: A collection of scientific works*. Vishnyakov NI, Barsukova IM, editors. Issue 25. St. Petersburg, 2020. Pp. 63–67.
21. Khanji MY, Balawon A, Boubertakh R, et al. Personalized E-coaching in cardiovascular risk reduction: a randomized controlled trial. *Ann Glob Health*. 2019; 85(1):107. DOI: <https://doi.org/10.5334/aogh.2496>
22. Onischenko GG. Actual problems of hygiene science and practice in the preservation of public health. *Gigiena i Sanitariya*. 2015; 94(3):5–9. (In Russian).
23. Maslennikova GY, Oganov RG, Axelrod SV, et al. Reducing mortality from cardiovascular and other non-communicable diseases in economies with high per capita income: the activity of not government institutions. *Kardiovaskulyarnaya Terapiya i Profilaktika*. 2015; 14(6):5–9. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2015-6-5-9>
24. Borschuk EL, Begun DN, Begun TV. Characteristics of mortality in the Orenburg region population in 2011–2017. *Nauka i Innovatsii v Meditsine*. 2020; 5(2):99–104. (In Russian). DOI: <http://dx.doi.org/10.35693/2500-1388-2020-5-2-99-104>
25. Starodubov VI, Son IM, Leonov SA, et al. Evaluation of health care modernization's impact on dynamics of adult population's morbidity. *Menedzher Zdravookhraneniya*. 2013; (5):6–17. (In Russian).
26. Kontsevaya AV, Mukaneeva DK, Myrzammatova AO, et al. Economic damage of risk factors associated with morbidity and mortality from major chronic non-communicable diseases in Russia in 2016. *Kardiovaskulyarnaya Terapiya i Profilaktika*. 2020; 19(1):48–55. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2020-1-2396>
27. Global health risks: mortality and burden of disease attributable to selected major risks. Geneva: *World Health Organization*, 2009. P. 62.
28. GBD 2019 Risk Factors Collaborators. Global burden of 87 risk factors in 204 countries and territories, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *Lancet*. 2020; 396(10258):1223–1249. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30752-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30752-2)
29. Boytsov SA, Deev AD, Shalnova SA. Mortality and risk factors for non-communicable diseases in Russia: Specific features, trends, and prognosis. *Terapevticheskii Arkhiv*. 2017; 89(1):5–13. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.17116/terarkh20178915-13>
30. Oganov RG, Kontsevaya AV, Kalinina AM. Economic burden of cardiovascular disease in the Russian Federation. *Kardiovaskulyarnaya Terapiya i Profilaktika*. 2011; 10(4):4–9. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2011-4-4-9>

© Рахманов Р.С., Богомолова Е.С., Разгулин С.А., Бахмудов Г.Г., Аликберов М.Х., Потехина Н.Н., Шуркин Д.А., 2021

УДК 613.11: 614.1

Оценка заболеваемости военнослужащих, проходящих службу по контракту в Дагестане

Р.С. Рахманов¹, Е.С. Богомолова¹, С.А. Разгулин¹, Г.Г. Бахмудов²,
М.Х. Аликберов², Н.Н. Потехина¹, Д.А. Шуркин¹

¹Приволжский исследовательский медицинский университет Минздрава России,
пл. Минина, д. 10/1, г. Нижний Новгород, 603005, Российская Федерация

²Медико-санитарная часть войсковой части 51410,
пр. Насрутдинова, 14-й км, г. Махачкала, 367000, Российская Федерация

Резюме: Введение. Заболевания зубов и вызываемые ими процессы приводят к появлению и развитию коморбидной и полиморбидной патологии. Цель – выполнить анализ общей заболеваемости с учетом патологии ротовой полости среди военнослужащих, проходящих службу по контракту. Материалы. С использованием эпидемиологического метода проведен ретроспективный анализ общей заболеваемости по МКБ-10 среди военнослужащих в условиях Дагестана за пять лет (2012–2016 гг.). Оценена заболеваемость на 1 тыс. человек, в том числе по классам болезней, по группам (C00–C14, K01–K04 и K05–K14); структура заболеваемости; трудовые потери в связи с заболеваемостью; заболеваемость болезнями органов пищеварения, по группам K01–K04 и K05–K14. Результаты. С учетом патологии полости рта совокупная доля ведущих заболеваний (болезней органов пищеварения, органов дыхания, костно-мышечной системы и соединительной ткани) среди военнослужащих составляла 41,1 %, что отличается от структуры заболеваемости у населения. Уровень заболеваемости болезнями органов пищеварения был в 1,6 раза выше, чем болезнями органов дыхания, который был равен таковому по группе K01–K04. В классе «Болезни органов пищеварения» доля группы «Кариес, его осложнения и др. болезни твердых тканей зубов» достигала 62,8 %, «Другие болезни полости рта» – 17,4 %. В структуре всех трудопотерь доля класса достигала 8,1 %; по группе K05–K14 – 2,5 %, по группе K01–K04 – 0,7 %. Без учета групп K01–K04 и K05–K14 болезни органов пищеварения перемещались на 6 место; их доля уменьшалась в 4,3 раза. Заключение. С учетом патологии полости рта доля болезней органов пищеварения в структуре заболеваемости достигала 18,7 %, без учета – 4,7 % (в структуре преобладали болезни органов дыхания, костно-мышечной системы и системы кровообращения). Можно полагать, что проблема кариеса твердых тканей зубов – междисциплинарная, профилактикой которой должны совместно заниматься специалисты стоматологического и гигиенического профиля.

Ключевые слова: общая заболеваемость, ретроспективный анализ, болезни полости рта, военнослужащие.

Для цитирования: Рахманов Р.С., Богомолова Е.С., Разгулин С.А., Бахмудов Г.Г., Аликберов М.Х., Потехина Н.Н., Шуркин Д.А. Оценка заболеваемости военнослужащих, проходящих службу по контракту в Дагестане // Здоровье населения и среда обитания. 2021. № 2 (335). С. 10–14. DOI: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-335-5-10-14>

Информация об авторах:

✉ Рахманов Рафаиль Салыхович – д.м.н., профессор; профессор кафедры гигиены ФГБОУ ВО «ПИМУ»; e-mail: raf53@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1531-5518>.

Богомолова Елена Сергеевна – д.м.н., профессор, заведующая кафедрой гигиены ФГБОУ ВО «ПИМУ»; e-mail: olenabgm@rambler.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1573-3667>.

Разгулин Сергей Александрович – д.м.н., доцент, заведующий кафедрой экстремальной медицины ФГБОУ ВО «ПИМУ»; e-mail: nauka@pimunn.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8356-2970>.

Бахмудов Гамзат Гасангулинович – к.м.н., начальник медицинской службы медико-санитарной части войсковой части 51410; e-mail: gamsat@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6399-4960>.

Аликберов Мурат Ханалиевич – к.м.н., начальник стоматологического отделения медико-санитарной части войсковой части 51410; e-mail: alikberovm@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1775-9382>.

Потехина Наталья Николаевна – д.м.н., профессор; профессор кафедры гигиены ФГБОУ ВО «ПИМУ»; e-mail: np-potechina@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6519-5513>.

Шуркин Дмитрий Анатольевич – к.м.н., доцент кафедры социальной медицины и организации здравоохранения ФГБОУ ВО «ПИМУ»; e-mail: dshurkin@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1201-5408>.

Assessment of Morbidity of Contract Military Personnel in Dagestan

R.S. Rakhmanov,¹ E.S. Bogomolova,¹ S.A. Razgulin,¹ G.G. Bakhmudov,²
M.Kh. Alikberov,² N.N. Potekhina,¹ D.A. Shurkin¹

¹Privolzhsky Research Medical University, 10/1 Minin Square of the Russian Ministry of Health,
Nizhny Novgorod, 603005, Russian Federation

²Health Care Unit, Military Unit 51410, 14th km Nasrutdinov Avenue, Makhachkala, 367000, Russian Federation

Summary. Background: Dental diseases and their sequelae promote comorbidity and polymorbidity. The objective of the study was to analyze the overall incidence including diseases of the oral cavity among contract military personnel. Materials: We conducted a retrospective analysis of the overall 5-year morbidity by ICD-10 categories among contract soldiers serving in Dagestan for 2012–2016. We estimated the incidence rate per 1,000 people by disease categories and subcategories (C00–C14, K01–K04 and K05–K14), the structure of morbidity, worktime losses due to sickness absence, and rates of diseases of the digestive system by subcategories K01–K04 and K05–K14. Results: With account for the diseases of the oral cavity, the proportion of leading diseases (diseases of the digestive system, respiratory system, musculoskeletal system and connective tissue) among the contact soldiers was 41.1 % and differed from the morbidity structure in the general population. The incidence rate of diseases of the digestive system was 1.6 times higher than that of diseases of the respiratory system, which was equal to that in the K01–K04 subcategory. In the category of diseases of the digestive system, the proportion of caries, its complications and other diseases of hard tissues of teeth reached 62.8 % and that of other diseases of the oral cavity – 17.4 %. As for worktime losses, the share of this category reached 8.1 %, of subcategories K01–K04 and K05–K14 – 0.7 % and 2.5 %, respectively. Having excluded the latter subcategories from the analysis, we found that the proportion of diseases of the digestive system became 4.3 times lower and they dropped to the sixth place. Conclusion: The proportion of diseases of the digestive system, when including and excluding diseases of the oral cavity in the structure of general morbidity, was 18.7 % and 4.7 %, respectively, while diseases of the respiratory system, musculoskeletal system and circulatory system prevailed. It can be assumed that the problem of dental caries is interdisciplinary and its prevention is a common task of both dentists and hygienists.

Keywords: general morbidity, retrospective analysis, oral diseases, military personnel.

For citation: Rakhmanov RS, Bogomolova ES, Razgulin SA, Bakhmudov GG, Alikberov MKh, Potekhina NN, Shurkin DA. Assessment of morbidity of contract military personnel in Dagestan. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021; (2(335)):10–14. (In Russian) DOI: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-335-2-10-14>

Author information:

✉ Rofail S. Rakhmanov, Professor, Department of Hygiene, Privolzhsky Research Medical University of the Russian Ministry of Health; e-mail: raf53@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1531-5518>.

Elena S. Bogomolova, D.M.Sc., Professor, Head of the Department of Hygiene, Privolzhsky Research Medical University of the Russian Ministry of Health; e-mail: olenabgm@rambler.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1573-3667>.

Sergey A. Razgulin, D.M.Sc., Associate Professor, Head of the Department of Extreme Medicine, Privolzhsky Research Medical University of the Russian Ministry of Health; e-mail: nauka@pimunn.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8356-2970>.

Gamzat G. Bakhmudov, Candidate of Medical Sciences, Head of the Medical Service, Health Care Unit, Military Unit 51410; e-mail: gamsat@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6399-4960>.

Murat Kh. Alikberov, Candidate of Medical Sciences, Head of the Department of Dentistry, Health Care Unit, Military Unit 51410; e-mail: alikberovm@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1775-9382>.

Natalya N. Potekhina, D.M.Sc., Professor, Department of Hygiene, Privolzhsky Research Medical University of the Russian Ministry of Health; e-mail: nn-potekhina@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6519-5513>.

Dmitry A. Shurkin, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Department of Social Medicine and Health Care Management, Privolzhsky Research Medical University of the Russian Ministry of Health; e-mail: dshurkin@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1201-5408>.

Введение. В ряд рубрик международной статистической классификации болезней (МКБ–10) входят нозологии, относящиеся к патологии полости рта: C00–C14 (новообразования губы, полости рта и глотки), K00–K14 (болезни полости рта, слюнных желез и челюстей) и (травмы головы)¹. При анализе распространенности данных нозологий (в том числе первичной заболеваемости) у населения Российской Федерации болезни указанных номенклатур учитываются. Однако стоматологическая заболеваемость, относящаяся к болезням органов пищеварения, в совокупном значении не анализируется. Например, в статистическом сборнике Министерства здравоохранения России приведены лишь сведения об основной заболеваемости болезнями органов пищеварения (язва желудка и двенадцатиперстной кишки, гастрит и дуоденит, неинфекционный энтерит и колит, болезни печени, желчного пузыря, желчевыводящих путей, поджелудочной железы), а в материалах доклада «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2018 году» – сведения об общей заболеваемости населения и структуре причин заболеваемости в субъектах Российской Федерации^{2,3}. По этим данным, в структуре заболеваемости среди взрослого населения ведущими были болезни органов дыхания, системы кровообращения, костно-мышечной системы, мочеполовой системы (их доля в 2018 г. составила 27,2 %, 14,9 %, 8,1 % и 7,2 % соответственно, всего 57,4 %).

Однако известно, что заболевания зубов и вызываемые ими процессы приводят к появлению и развитию коморбидной и полиморбидной патологий, влияющих на общее состояние организма и приводящих впоследствии к временной утрате трудоспособности [1–8]. Таким образом, по-нашему мнению, не полностью обеспечивается достоверность сведений о заболеваемости различных групп населения, в том числе военнослужащих, данной патологией.

Цель исследования – провести анализ общей заболеваемости среди военнослужащих, проходящих службу по контракту, с учетом патологии ротовой полости.

Материалы и методы. С использованием эпидемиологического метода провели ретроспективный анализ общей заболеваемости

по МКБ–10 по данным обращаемости в поликлинику медико-санитарной части среди военнослужащих, проходящих службу по контракту (ВПСК) в условиях Дагестана, путем выкопировки данных по годовым отчетным формам № 4м и 7м за пять лет (2012–2016 гг.). Объем выборки – 5000 случаев заболеваний.

Определяли заболеваемость на 1 тыс. человек (‰), в т. ч. по классам болезней «Онкологическая заболеваемость полости рта», «Заболеваемость кариесом и другими болезнями твердых тканей зубов» (K01–K04), другими болезнями полости рта (K05–K14). Оценили доли патологий полости рта в показателях общей заболеваемости, общие трудовые потери, трудовые потери по болезням органов пищеварения, а также по группам K01–K04 и K05–K14.

Статистическую обработку материала провели с использованием программы Statistica-6,1. Определяли средние величины и стандартные ошибки средних ($M \pm m$).

Результаты исследования. Общая заболеваемость среди ВПСК составила $1148,0 \pm 108,0$ ‰. Регистрируемые болезни входили в 17 рубрик по МКБ–10. Их ежегодный абсолютный прирост достигал 12,3 ‰, темп прироста – 2,8 %. Структура заболеваемости оставалась стабильной (табл. 1).

Данные таблицы свидетельствовали, что основными патологиями были болезни органов пищеварения (18,6 %), органов дыхания (11,5 %), костно-мышечной системы и соединительной ткани (9,5 %) и болезни системы кровообращения (8,5 %), совокупная доля которых достигала 48,1 %. При этом уровень заболеваемости болезнями органов пищеварения был в 1,6 раза выше, чем болезнями органов дыхания ($213,9 \pm 24,4$ ‰ против $132,0 \pm 15,8$ ‰).

Обращал на себя внимание тот факт, что показатель заболеваемости по болезням органов дыхания был равен таковому по группе K01–K04. Доля патологий группы K01–K04 достигала 11,6 %, что обеспечивало им ведущее ранговое место в общей распространенности болезней (табл. 2). В структуре болезней органов пищеварения доля данной группы достигала 62,8 %.

При определении ранга в общей структуре заболеваемости болезни органов пищеварения без учета групп K01–K04 и K05–K14 перемещались на 6 место. Их доля уменьшалась в 4,3 раза.

¹ Международная классификация болезней (МКБ–10). Приказ Минздрава Российской Федерации от 27.05.1997 № 170.

² Министерство Здравоохранения РФ. Статистический сборник. <https://minzdrav.gov.ru/ministry/61/22/stranitsa-979/statisticheskie-i-informatsionnye-materialy/statisticheskiy-sbornik-2017-god>.

³ О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения в Российской Федерации в 2018 году: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2019.

Таблица 1. Характеристика общей заболеваемости по рубрикам МКБ-10, учитывающим патологии полости рта, среди ВПСК за пять лет, $M \pm m$

Table 1. Overall five-year incidence by ICD-10 categories that include diseases of the oral cavity among contract military personnel, $M \pm m$

№	Классы болезней / Disease categories	Заболеваемость / Incidence, %
1	Новообразования, в т. ч.: / Neoplasms, including	14,2 $\pm$ 1,3
1.1	Новообразования полости рта / Neoplasms of the oral cavity	0,32 $\pm$ 0,02
1.2	Другие новообразования / Other neoplasms	13,9 $\pm$ 1,3
2	Болезни органов пищеварения, в т. ч.: / Diseases of the digestive system, including:	213,9 $\pm$ 24,4
2.1	Болезни органов пищеварения без учета болезней полости рта / Diseases of the digestive system excluding diseases of the oral cavity	42,4 $\pm$ 0,9
2.2	Кариес, его осложнения и другие болезни твердых тканей зубов / Caries, its complications and other diseases of hard tissues of teeth (K01–K04)	134,3 $\pm$ 22,4
2.3	Другие болезни полости рта / Other diseases of the oral cavity (K05–K14)	37,3 $\pm$ 5,1
4	Травмы и отравления, в т. ч.: / Injuries and poisoning, including:	43,1 $\pm$ 4,5
4.1	Травмы и отравления других областей / Injuries and poisoning in other regions	42,4 $\pm$ 4,6
4.2	Травмы челюстно-лицевой области, в т. ч. твердых тканей зубов и мягких тканей полости рта / Injuries to the maxillofacial region, including hard tissues of the teeth and soft tissues of the oral cavity	0,7 $\pm$ 0,1

Таблица 2. Структура и ранговые места ведущих классов болезней с учетом и без учета групп K 01–K 04 и K 05–K 14 среди болезней органов пищеварения у ВПСК за пять лет, $M \pm m$

Table 2. The proportion and ranks of the leading categories of diseases including and excluding subcategories K01–K04 and K05–K14 from the diseases of the digestive system in contract military personnel over five years, $M \pm m$

№	Классы болезней / Disease categories	Структура Proportion, %	Ранг в целом/без стоматологической заболеваемости / Rank in general / excluding dental diseases
1	Болезни системы кровообращения / Diseases of the circulatory system	8,47/9,98	4/3
2	Болезни органов дыхания / Diseases of the respiratory system	11,48/13,52	2/1
3	Болезни органов пищеварения / Diseases of the digestive system	18,7/4,3	1/6
4	Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани / Diseases of the musculoskeletal system and connective tissue	9,2/11,1	3/2
5	Болезни мочеполовой системы / Diseases of the genitourinary system	5,9/6,9	5/4
6	Травмы и отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин / Injury, poisoning and certain other consequences of external causes	3,76/4,34	6/5

Изменялась структура общей заболеваемости: патологии органов дыхания, костно-мышечной системы и соединительной ткани, а также системы кровообращения приобретали ведущее значение. Доля собственно болезней органов пищеварения (без учета кариеса и других болезней твердых тканей зубов, других болезней полости рта (17,4 %)) составляла всего 19,8 %.

Трудопотери составили 56722,6 $\pm$ 2939,0 дней, в том числе по болезням органов пищеварения — 4612,6 $\pm$ 324,4 дней или 8,1 % от всех трудопотерь. Один случай обращения за медицинской помощью приводил к 12 дням отвлечения военнослужащих от исполнения служебных обязанностей. Без учета заболеваний полости рта трудопотери по болезням органов пищеварения составляли 2834,6 $\pm$ 423,6 дней (12–15 дней один случай заболевания) или 5,0 % в целом (61,5 % от класса). Значимыми были трудопотери по группе «Другие болезни полости рта» (K05–K14) — 1404,0 $\pm$ 69,2 дней (5–6 дней трудопотерь на один случай болезни) или 2,5 % от всех трудопотерь (30,4 % в классе). По группе K01–K04 трудопотери были незначительными — 374,0 $\pm$ 42,1 дней (до 3 дней на один случай) — 8,1 % по классу или 0,7 % от всех трудопотерь.

Обсуждение. Как показал наш анализ, в структуре заболеваемости ВПСК с учетом патологии ротовой полости ведущими были болезни органов пищеварения, органов дыхания, костно-мышечной системы и соединительной ткани, системы кровообращения и мочеполовой системы. В этом состоит отличие от структуры заболеваемости взрослого населения. Без вклада патологии полости рта ранговая структура заболеваемости была подобной заболеваемости у взрослого населения, за исключением болезней костно-мышечной системы и болезней системы кровообращения, которые преобладали у ВПСК, а у населения преобладали болезни системы кровообращения. Это можно объяснить тем, что все ВПСК ежегодно проходят диспансеризацию и среди них своевременно проводятся лечебно-оздоровительные мероприятия.

Отчет о стоматологической помощи представляется в сводной ведомости учета работы врача-стоматолога на терапевтическом приеме (ф № 39-2У). Эти данные не включаются в общую заболеваемость у ВПСК (как и среди различных когорт населения), которая оценивается отдельно от стоматологической⁴. В нашем случае стоматологическая заболеваемость

⁴ Приказ Министерства здравоохранения СССР от 17.04.1989 № 250 «Об отраслевой статистической отчетности учреждений, предприятий и организаций Минздрава СССР».

включала новообразования, относилась к болезням органов пищеварения, включала травмы челюстно-лицевой области, составляя 172,62 ‰ (15,03 % в структуре всей патологии ВПСК). Основная доля в структуре болезней органов пищеварения приходилась на стоматологическую патологию — 80,2 % (171,6 ‰ или 14,9 % в структуре распространенности болезней). Кариес твердых тканей зубов и его осложнения, другие болезни зубов (группа K01–K04) преобладали над уровнем заболеваемости болезнями органов дыхания. Учитывая тот факт, что ряд заболеваний (например, острые респираторные инфекции верхних дыхательных путей) часто сопровождается болезнями пародонта и поражениями слизистой оболочки полости рта, которые не регистрируются как стоматологическая патология, можно полагать, что распространенность данной группы заболеваний более высокая [9].

Первичная стоматологическая заболеваемость с 2012 по 2016 г. возросла на 30,8 %; абсолютный ежегодный прирост заболеваемости составил 0,4 ‰, темп роста — 7,5 %. Заболеваемость, по данным профилактических осмотров, также возросла: абсолютный ежегодный прирост на 3,3 ‰, темп роста — 14,2 %, что приводило к увеличению обращаемости ВПСК за медицинской помощью. Это отразилось на необходимости проведения санации полости рта у военнослужащих: за пять лет доля нуждающихся в такой медицинской процедуре возросла в 2,0 раза (с 43,7 % до 86,9 %) [10].

Среди других условий повышения качества профилактической работы было внедрение и использование современных методов диагностики (ортопантомографии, радиовизиографии, компьютерной томографии, а также электроодонтодиагностики), которые улучшили диагностику скрыто текущих процессов в твердых тканях зубов и патологии пародонта.

Наши данные о существенном вкладе в распространенность болезней патологии ротовой полости подтверждают и другие авторы. Отмечено, что она достигает 14,1 % [4, 10–12]. Риск развития кариеса зубов, наряду с другими причинами, обуславливается физическими, биологическими, экологическими, поведенческими (образ жизни) факторами [13–17]. Подход к первичной профилактике стоматологической патологии должен включать анализ всех факторов риска здоровью [18–24].

Выводы

1. Оценка общей заболеваемости в соответствии с МКБ–10, с учетом стоматологической, выделяет ведущими у военнослужащих болезни органов пищеварения. Без патологии ротовой полости они занимают 6 ранговое место; на первое место выходят болезни органов дыхания.

2. Технология определения вклада в заболеваемость населения факторов окружающей среды и других факторов риска требует расширения, включая оценку их влияния на стоматологическую заболеваемость.

3. Результаты работы дают основание полагать, что кариес твердых тканей зубов — проблема междисциплинарная, его профилактикой должны заниматься совместно специалисты стоматологического и гигиенического профиля.

Информация о вкладе авторов: Рахманов Р.С. — разработка дизайна исследования; Богомолова Е.С. — написание текста рукописи; Разгулин С.А. — получение данных для анализа, написание текста рукописи; Бахмудов Г.Г. — обзор публикаций по теме статьи; Аликберов М.Х. — анализ полученных данных, написание текста рукописи; Потехина Н.Н. — анализ полученных данных; Шуркин Д.А. — получение данных для анализа, написание текста рукописи.

Финансирование: Работа выполнена по плану научных работ ФГБОУ ВО «ПИМУ» МЗ РФ и плану диссертационного исследования Аликберова М.Х.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы (пп. 14–19 см. References)

1. Мосеева М.В., Хохлачева Н.А. Стоматологические жалобы пациентов с эрозивно-язвенными поражениями гастродуоденальной зоны // Вятский медицинский вестник. 2019. № 2 (62). С. 13–17.
2. Садыкова О.М., Белоконова Н.А., Жолудев С.Е. и др. Критерии оценки состава и свойств растворов, содержащих минеральные воды, для использования в геронтостоматологии // Вятский медицинский вестник. 2020. № 1 (65). С. 46–52. DOI: <https://10.24411/2220-7880-2020-10058>
3. Васильева Л.В., Бородулина И.А., Филиппов Е.В. и др. Структура стоматологической заболеваемости военнослужащих различных профессиональных групп // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: естественные и технические науки. 2016. № 2. С. 73–77.
4. Шелепов А.М., Солдатов И.К., Игнатов М.Ю. и др. Роль врача-стоматолога войскового звена в охране здоровья военнослужащих Российской Федерации // Вестник Российской Военно-медицинской академии. 2014. № 3 (47). С. 160–163.
5. Черныш В.Ф., Гребнев Г.А., Иорданишвили А.К. и др. История организации санации полости рта в Российской армии // Вестник Российской Военно-медицинской академии. 2015. № 2 (50). С. 175–178.
6. Гажва С.И., Заплутанова Д.А., Еремеев А.Ф. Проблема коморбидных заболеваний в стоматологии // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 6. С. 91.
7. Зелинский М. В., Логинов В.И., Ольховик Д.А. и др. К вопросу о влиянии стоматологической патологии на качество жизни и боеспособность солдат срочной службы, осуществляющих военную профессиональную деятельность в условиях Дальнего Востока // Наука и современность. 2014. № 28. С. 60–72.
8. Луцкая И.К., Зиновенко О.Г. Состояние слизистой оболочки полости рта у детей при инфекционных заболеваниях // Педиатрия. Приложение к журналу Consilium Medicum. 2014. № 2. С. 21–25.
9. Рахманов Р.С., Богомолова Е.С., Разгулин С.А. и др. Анализ стоматологической заболеваемости лиц организованного коллектива в неблагоприятных условиях труда // Санитарный врач. 2020. № 4. С. 49–56. DOI: <https://10.33920/med-08-2004-06>.
10. Шелепов А.М., Гребнев Г.А., Солдатов И.К. и др. Медико-статистический анализ стоматологической заболеваемости и амбулаторно-стоматологической помощи в войсковом звене // Вестн. Воен.-мед. Академии. 2014. № 4 (48). С. 208–214.
11. Емелина Г.В., Гринин В.М., Иванов П.В. и др. Анализ стоматологической заболеваемости в выборе методов и подходов индивидуальной профилактики кариеса зубов и заболеваний пародонта // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 2. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=4582> (дата обращения: 05.07.2020).
12. Рахманов Р.С., Аликберов М.Х., Омарова З.А. К вопросу о факторах риска развития кариеса

- твёрдых тканей зубов при акклиматизации // Анализ риска здоровью. 2017. № 4. С. 91–96. DOI: <https://10.21668/health.risk/2017.4.10>.
20. Хомутова Г.И. Традиционные и перспективные подходы к профилактике кариеса // Лечащий врач. 2015. № 9. С. 84.
 21. Рахманов Р.С., Аликберов М.Х., Богомолова Е.С. и др. К вопросу о разработке продуктов питания для профилактики кариеса зубов // Вятский медицинский вестник. 2019. № 2 (62). С. 50–55.
 22. Рахманов Р.С., Аликберов М.Х., Богомолова Е.С. и др. К вопросу о профилактике кариеса зубов у взрослого населения // Вятский медицинский вестник. 2020. № 1 (65). С. 67–73.
 23. Аликберов М.Х., Рахманов Р.С., Гаджибрагимов Д.А. Оценка риска здоровью населения Республики Дагестан по некоторым показателям содержания минеральных веществ в воде и почве, мигрирующих в организм человека по пищевым цепочкам // Здоровье населения и среда обитания. 2017. № 11 (296). С. 20–24.
 24. Рахманов Р.С., Аликберов М.Х., Бахмудов Г.Г. и др. Оценка риска развития кариеса твёрдых тканей зубов у взрослого населения при комплексном воздействии погоднo-климатических и профессиональных факторов // Здоровье населения и среда обитания. 2018. № 1 (298). С. 4–6.

References

1. Moseeva MV, Khokhlacheva NA. Dental complaints of patients with erosive and ulcerous gastroduodenal events. *Vyatskiy Meditsinskiy Vestnik*. 2019; (2(62)):13–17. (In Russian).
2. Sadykova OM, Belokonova NA, Zholudev SE, et al. Examination criteria for evaluating composition and properties of water solutions containing mineral water used in geriatric dentistry. *Vyatskiy Meditsinskiy Vestnik*. 2020; (1(65)):46–52. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.24411/2220-7880-2020-10058>
3. Tellez M, Zini A, Estupican-Day S. Social determinants and oral health: An update. *Curr Oral Health Rep*. 2014; 1:148–152. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40496-014-0019-6>
4. Vasilyeva LV, Borodulina IA, Filippov EV, et al. Structure of stomatologic incidence of the military personnel of various professional groups. *Sovremennaya Nauka: Aktual'nye Problemy Teorii i Praktiki. Seriya: Estestvennye i Tekhnicheskie Nauki*. 2016; (2):73–77. (In Russian).
5. Shelepov AM, Soldatov IK, Ignatov MYu, et al. Role of army dentist for health keeping in Armed Forces of Russian Federation. *Vestnik Rossiyskoy Voenno-Meditsinskoy Akademii*. 2014; (3(47)):160–163. (In Russian).
6. Chernish VF, Grebnev GA, Iordanishvili AK, et al. History of dental care organization in Russian army. *Vestnik Rossiyskoy Voenno-Meditsinskoy Akademii*. 2015; (2(50)):175–178. (In Russian).
7. Gazhva SI, Ereemeev AF, Zaplutanova DA. Problem comorbidity diseases in dentistry. *Sovremennye Problemy Nauki i Obrazovaniya*. 2015; (6):91. (In Russian).
8. Zelinsky MV, Loginov VI, Olkhovik DA, et al. [To the question of the impact of dental pathology on the quality of life and combat readiness of soldiers of military service carrying out military professional activities in the Far East.] *Nauka i Sovremennost'*. 2014; (28):60–72. (In Russian).
9. Lutskeya IK, Zinovenko OG. [The state of the oral mucosa in children with infectious diseases.] *Pediatrica. Attachment to Consilium Medicum*. 2014; (2):21–25. (In Russian).
10. Rakhmanov RS, Bogomolova ES, Razgulin SA, et al. Analysis of dental morbidity of persons of an organized team in unfavorable working conditions. *Sanitarnyy Vrach*. 2020; (4):49–56. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.33920/med-08-2004-06>
11. Shelepov AM, Grebnev GA, Soldatov IK, et al. Medical and statistical analysis of dental diseases and outpatient dental care in military link. *Vestnik Rossiyskoy Voenno-Meditsinskoy Akademii*. 2014; (4(48)):208–214. (In Russian).
12. Emelina GV, Grinin VM, Ivanov PV, et al. The analysis of dental disease in the choice of methods and approaches of individual prevention of dental caries and paradont diseases. *Modern Problems and Science and Education*. 2011; (2). Available at: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=4582> (Accessed: 05.07.2020). (In Russian).
13. Rakhmanov RS, Alikberov MKh, Omarova ZA. Factors causing risks of caries evolvement in dental solid tissues under acclimatization. *Health Risk Analysis*. 2017; (4):91–96. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.21668/health.risk/2017.4.10>
14. Anil S, Anand PS. Early childhood caries: prevalence, risk factors, and prevention. *Front Pediatr*. 2017; 5:157. DOI: <https://doi.org/10.3389/fped.2017.00157>
15. Cummins D. Dental caries: a disease which remains a public health concern in the 21st century – the exploration of a breakthrough technology for caries prevention. *J Clin Dent*. 2013; 24 Spec no A:A1–14.
16. Featherstone JD. Caries prevention and reversal based on the caries balance. *Pediatr Dent*. 2006; 28(2):128–32.
17. Jepsen S, Blanco J, Buchalla W, et al. Prevention and control of dental caries and periodontal diseases at individual and population level: consensus report of group 3 of joint EFP/ORCA workshop on the boundaries between caries and periodontal diseases. *J Clin Periodontol*. 2017; 44 (Suppl 18):S85–S93. DOI: <https://doi.org/10.1111/jcpe.12687>
18. Sälzer S, Alkilzy M, Slot DE, et al. Socio-behavioural aspects in the prevention and control of dental caries and periodontal diseases at an individual and population level. *J Clin Periodontol*. 2017; 44(Suppl 18):S106–S115. DOI: <https://doi.org/10.1111/jcpe.12673>
19. Hayes MJ, Cheng B, Musolino R, et al. Dietary analysis and nutritional counselling for caries prevention in dental practise: a pilot study. *Aust Dent J*. 2017; 62(4):485–492. DOI: <https://doi.org/10.1111/adj.12524>
20. Khomutova GI. Traditional and prospective approaches to the prophylaxis of caries. *Lechashechiy Vrach*. 2015; (9):84. (In Russian).
21. Rakhmanov RS, Alikberov MKh, Bogomolova ES, et al. Revising the food products development for prevention of dental caries. *Vyatskiy Meditsinskiy Vestnik*. 2019; (2(62)):50–55. (In Russian).
22. Rakhmanov RS, Alikberov MKh, Bogomolova ES, et al. To the question of prevention of dental caries in adult population. *Vyatskiy Meditsinskiy Vestnik*. 2020; (1(65)):67–73. (In Russian).
23. Alikberov MKh, Rakhmanov RS, Gadjiibragimov JA. Evaluation of health risk for population of Republic of Dagestan according to minerals which contain in water/soil and migrate into humane organism through food chains. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2017; (11(296)):20–24. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2017-296-11-20-24>
24. Rakhmanov RS, Alikberov MKh, Bakhmudov GG, et al. Evaluation of risk of caries of dental solid tissues in adults due to a complex exposure to weather, climatic and occupational factors. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2018; (1(298)):4–6. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2018-298-1-4-6>



© Айзяткова М.В., Александрова И.Э., Мирская Н.Б., Исакова Н.В., Вершинина М.Г., Фисенко А.П., 2021
УДК 613.955

Влияние использования интерактивных панелей в процессе учебных занятий на основные параметры внутришкольной среды

М.В. Айзяткова¹, И.Э. Александрова¹, Н.Б. Мирская¹, Н.В. Исакова²,
М.Г. Вершинина¹, А.П. Фисенко¹

¹ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр здоровья детей» Минздрава России, Ломоносовский проспект, д. 2, стр. 1, г. Москва, 119296, Российская Федерация

²Филиал ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в городе Москве» в СВАО города Москвы Роспотребнадзора, ул. Летчика Бабушкина, д. 19/1, г. Москва, 129327, Российская Федерация

Резюме: *Введение.* Активное внедрение электронных средств обучения в образовательные организации обуславливает возникновение новых рисков здоровью школьников. Создание современной и безопасной цифровой образовательной среды предполагает постоянное мониторингирование условий и режимов использования новых электронных средств, арсенал которых быстро меняется. *Целью* настоящей работы являлась гигиеническая оценка факторов внутришкольной среды, обусловленных использованием интерактивных панелей (ИП) – электронного средства обучения последнего поколения. *Материалы и методы.* Изучены параметры электромагнитного излучения, микроклимата (температура и относительная влажность воздуха), уровни искусственной освещенности, химический состав воздушной среды, аэроионный состав воздуха в течение учебного дня в классах, где применялась ИП, в сравнении с кабинетами, оборудованными традиционными меловыми досками. Измерения проводились в соответствии с утвержденными методиками лабораторно-инструментальных исследований. Полученные результаты оценивались на соответствие требованиям санитарных правил и норм. Статистическая обработка результатов проводилась с помощью параметрических методов статистического анализа. *Результаты и выводы.* Показатели микроклимата и аэроионного состава воздуха в классах с ИП имели более выраженную негативную динамику в течение учебного дня. Результаты исследования подтверждают необходимость пристального внимания гигиенистов к проблеме использования новых электронных средств обучения, в частности интерактивной панели, продолжения исследований по изучаемому направлению (определение гигиенических регламентов использования ИП на уроках и т. п.) для профилактики переутомления и рисков нарушения здоровья школьников.

Ключевые слова: интерактивная панель, риски здоровью, школьники, гигиеническая безопасность, внутришкольная среда.

Для цитирования: Айзяткова М.В., Александрова И.Э., Мирская Н.Б., Исакова Н.В., Вершинина М.Г., Фисенко А.П. Влияние использования интерактивных панелей в процессе учебных занятий на основные параметры внутришкольной среды // Здоровье населения и среда обитания. 2021. № 2 (335). С. 15–21. DOI: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-335-2-15-21>

Информация об авторах:

✉ Айзяткова Марина Викторовна, соискатель НИИ Гигиены и охраны здоровья детей и подростков ФГАУ «НМИЦ Здоровья детей» Минздрава России; e-mail: 9855123020@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0381-3253>.

Александрова Ирина Эрнстовна, доктор медицинских наук, главный научный сотрудник НИИ гигиены и охраны здоровья детей и подростков ФГАУ «НМИЦ здоровья детей» Минздрава России; e-mail: accialex@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8664-1866>.

Мирская Наталья Борисовна, доктор медицинских наук, главный научный сотрудник НИИ гигиены и охраны здоровья детей и подростков ФГАУ «НМИЦ здоровья детей» Минздрава России; e-mail: n.mirskaya@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0457-4795>.

Исакова Наталья Валерьевна, заместитель главного врача Филиала ФБУЗ ЦГиЭ в СВАО г. Москвы Роспотребнадзора; e-mail: fbuzsvao@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7798-1853>.

Вершинина Марина Германовна, руководитель НИИ гигиены и охраны здоровья детей и подростков ФГАУ «НМИЦ здоровья детей» Минздрава России; e-mail: labckb@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6051-5231>.

Фисенко Андрей Петрович, директор ФГАУ «НМИЦ здоровья детей» Минздрава России; e-mail: info@nczd.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8586-7946>.

The Impact of Using Interactive Panels in the Learning Process on the Main Parameters of the Indoor School Environment

M.V. Ayzyatova,¹ I.E. Aleksandrova,¹ N.B. Mirskaya,¹ N.V. Isakova,² M.G. Vershinina,¹ A.P. Fisenko¹

¹National Medical Research Center of Children's Health of the Russian Ministry of Health, Bldg 1, 2 Lomonosovsky Avenue, Moscow, 119991, Russian Federation

²Center for Hygiene and Epidemiology in Moscow, North-Eastern Administrative District, 19/1 Letchika Babushkina Street, Moscow, 129327, Russian Federation

Summary. *Introduction:* Active introduction of electronic learning tools in educational institutions poses new health risks to school-age children. Creating a modern and secure digital educational environment requires constant monitoring of the conditions and modes of use of new electronic tools, the diversity of which is changing rapidly. The *purpose* of this work was to assess certain parameters of indoor school environment influenced by the use of interactive panels (IPs), an e-learning tool of the latest generation. *Materials and methods:* We studied the parameters of electromagnetic radiation, microclimate (air temperature and relative humidity), artificial lighting levels, chemical composition of indoor air, concentrations of positive and negative air ions during the school day in classrooms with and without interactive panels. The measurements were carried out in accordance with the approved methods of laboratory and instrumental research, and the results were then assessed for compliance with current sanitary rules and regulations. Statistical processing of the results was carried out using parametric methods of statistical analysis. *Results and conclusion:* Indices of the microclimate and air ions in IP-equipped classrooms demonstrated a more pronounced negative dynamics during the school day. Our findings indicate the need for hygienists to pay close attention to the problem of using new electronic teaching aids and interactive panels in particular, to continue research in the area under study in order to elaborate hygienic regulations for applying IPs in the classroom and to prevent overwork and health risks to school-age children.

Keywords: interactive panel, health risks, schoolchildren, hygienic safety, indoor school environment.

For citation: Ayzyatova MV, Aleksandrova IE, Mirskaya NB, Isakova NV, Vershinina MG, Fisenko AP. The impact of using interactive panels in the learning process on the main parameters of the indoor school environment. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021; (2(335)):15–21. (In Russian) DOI: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-335-2-15-21>

Author information:

✉ Marina V. Ayzyatova, aspirant, Research Institute of Hygiene and Health Protection in Children and Adolescents, National

Medical Research Center of Children's Health of the Russian Ministry of Health; e-mail: 9855123020@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0381-3253>.

Irina E. **Aleksandrova**, D.M.Sc., Chief Researcher, Research Institute of Hygiene and Health Protection in Children and Adolescents, National Medical Research Center of Children's Health of the Russian Ministry of Health; e-mail: accialex@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8664-1866>.

Nataliya B. **Mirskaya**, D.M.Sc., Chief Researcher, Research Institute of Hygiene and Health Protection in Children and Adolescents, National Medical Research Center of Children's Health of the Russian Ministry of Health; e-mail: n.mirskaya@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0457-4795>.

Natalya V. **Isakova**, Deputy Chief Doctor, Center for Hygiene and Epidemiology in Moscow, North-Eastern Administrative District, Moscow; e-mail: fbuzsvao@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7798-1853>.

Marina G. **Vershinina**, Head of the Research Institute of Hygiene and Health Protection in Children and Adolescents, National Medical Research Center of Children's Health of the Russian Ministry of Health; e-mail: labckb@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6051-5231>.

Andrey P. **Fisenko**, Director, National Medical Research Center of Children's Health of the Russian Ministry of Health; e-mail: info@nczd.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8586-7946>.

Введение. В условиях развития информационных средств и технологий, обеспечивающих достижение качественно нового уровня образования, идет активное внедрение различных электронных средств в процесс обучения школьников. Согласно федеральному закону «Об образовании в Российской Федерации»¹ и федеральным государственным образовательным стандартам общего образования общеобразовательным учреждениям вменено в обязанность активное использование средств информационно-коммуникационных технологий, электронного обучения. Заявлено о государственном приоритетном проекте «Цифровая школа». В Москве активно развивается проект «Московская электронная школа» [1, 2].

Происходит изменение традиционной внутришкольной среды за счет привлечения технических средств и технологий со слабоизученным или неизученным влиянием на самочувствие, функциональное состояние организма и показатели здоровья пользователей.

В Указе Президента Российской Федерации «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года»² отмечается, что к 2024 году в сфере образования необходимо обеспечить создание современной и безопасной цифровой образовательной среды. Об этом же свидетельствует мнение профессионального сообщества гигиенистов детства, педиатров³.

Массовое применение подрастающим поколением электронных средств как для обучения, так и для других целей обусловило целый ряд исследований по определению влияния использования различных девайсов, длительности «экранного времени» и т. п. на те или иные показатели здоровья и самочувствия детей [3–13].

Постоянное обновление арсенала электронных средств обучения определяет необходимость физиолого-гигиенического обоснования их безопасного для здоровья школьников и педагогов использования.

Последнее поколение электронных досок — это интерактивные панели, которые представляют

собой большой сенсорный экран, способный реагировать на прикосновения пользователя, обрабатывать полученные команды и выводить на экран необходимые данные. Учебный процесс с использованием интерактивной панели предусматривает непосредственный контакт с поверхностью ИП в течение урока как учителя, так и ученика при ответе у доски.

Разработанные и утвержденные на сегодняшний день медико-профилактические мероприятия в рамках санитарно-эпидемиологических правил и норм для образовательных организаций не учитывают особенностей влияния использования интерактивных панелей на основные параметры внутришкольной среды, вносящих, в свою очередь, значимый вклад в изменчивость показателей здоровья школьников.

Цель исследования — оценить санитарно-гигиенические факторы среды учебных помещений, оборудованных интерактивными панелями.

Материалы и методы. Изучен комплекс факторов школьной среды: уровни искусственной освещенности, параметры микроклимата, аэрионного, санитарно-химического состава воздуха в 194 учебных кабинетах, из которых 97 были оборудованы интерактивными панелями (марки Irbis, Clevertouch 77gr, NetWork) и 97 имели традиционные меловые доски. Все установленные интерактивные панели имели сертификаты, подтверждающие их соответствие требованиям Технических регламентов Таможенного союза^{4,5} и Единым санитарно-эпидемиологическим и гигиеническим требованиям к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю)⁶. Обследованные учебные помещения, как экспериментальные (с ИП), так и контрольные (без ИП), были идентичны по площади (от 49,8 м² до 53,4 м²), по наполняемости классов (22–25 обучающихся), по установленной учебной мебели и учебным пособиям, по материалам, использовавшимся в отделке помещений (все материалы имеют гигиенические сертификаты и сертификаты соответствия и разрешены для использования на территории РФ). Обследуемые классы оборудованы естественной канальной

¹ Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации».

² Указ Президента Российской Федерации «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» (с изменениями на 21.07.2020).

³ Декларация «О праве детей на здоровье в цифровой образовательной среде». Декларация VI национального конгресса по школьной и университетской медицине с международным участием // Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья. 2018; 4:53–55.

⁴ Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 004/2011 «О безопасности низковольтного оборудования» (с изменениями на 9 декабря 2011 года).

⁵ Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 020/2011 «Электромагнитная совместимость технических средств».

⁶ Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к продукции (товарам), подлежащей санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю) (с изменениями на 8 декабря 2020 года).

системой вентиляции; для проветривания использовались фрамуги и окна с поворотным механизмом, находящиеся в исправном состоянии. При проведении лабораторно-инструментальных исследований в течение учебного дня сквозное проветривание проводилось каждую перемену, влажная уборка — перед первым уроком и после пятого урока.

Замеры проводились в трех контрольных точках (на рабочем месте учителя, на учебном месте за первой партой среднего ряда и в месте нахождения учащегося у интерактивной панели при ответе у доски) три раза в течение учебного дня (перед началом первого урока, в конце третьего урока и в конце пятого урока) на трех высотах 0,1 м, 0,6 м и 1,5 м от поверхности пола. Замеры параметров микроклимата (температура и относительная влажность воздуха) проведены в теплый период года, характеризующий среднесуточной температурой наружного воздуха выше $+10^{\circ}\text{C}$ при выключенном централизованном отоплении в зданиях.

Лабораторно-инструментальные исследования проводились с использованием утвержденных методических указаний и государственных стандартов.

Полученные результаты оценивались на соответствие требованиям утвержденных санитарных правил и норм с учетом расширенной неопределенности измерений, рассчитанной согласно требованиям государственных стандартов. Статистическая обработка результатов проводилась с помощью параметрических методов статистического анализа.

Результаты. Оценка факторов внутришкольной среды лежит в основе определения санитарно-эпидемиологического благополучия образовательного учреждения и рисков здоровью учащихся, в частности при применении новых электронных средств обучения [14, 15].

Санитарно-гигиеническое исследование воздуха включало оценку концентраций этилацетата, бутилацетата, этенилбензола, формальдегида и фенола в классах с традиционной меловой доской и с ИП. Концентрации определяемых веществ в воздухе всех обследуемых помещений не имели достоверных различий, и не превышали нормируемых величин и соответствовали требованиям гигиенических нормативов и санитарных правил. Максимальная разовая концентрация составила для этилацетата менее $0,05\text{ мг/м}^3$ при норме не более $0,1\text{ мг/м}^3$; для бутилацетата — менее $0,05\text{ мг/м}^3$ при норме не более $0,1\text{ мг/м}^3$; для этенилбензола — менее $0,001\text{ мг/м}^3$ при норме не более $0,04\text{ мг/м}^3$; формальдегида — менее $0,01\text{ мг/м}^3$ при норме не более $0,01\text{ мг/м}^3$; фенола (гидроксibenзола) — менее $0,01\text{ мг/м}^3$ при норме не более $0,01\text{ мг/м}^3$.

Оптимальный уровень освещенности — фактор, имеющий значительный потенциал в профилактике нарушений зрения, снижения умственной работоспособности, утомления [16–19]. Источниками системы общего искусственного освещения в обследованных учебных помещениях были как люминесцентные, так и светодиодные светильники. В одном помещении не использовались источники света различной природы излучения. Все традиционные меловые доски были оборудованы дополнительным местным освещением. Уровень искусственной

освещенности соответствовал требованиям санитарных правил во всех обследованных классах. В учебных кабинетах, оборудованных люминесцентными светильниками, уровень искусственной освещенности составил (486 ± 55) лк при норме не менее 300 лк; в учебных кабинетах со светодиодными светильниками уровень искусственной освещенности составил 720 ± 40 лк при аналогичной норме.

Известно, что электромагнитные поля могут оказывать неблагоприятное воздействие на организм ребенка школьного возраста, в том числе на развитие нервной, эндокринной и сердечно-сосудистой систем [20]. Замеры интенсивности электромагнитных полей от работающей ИП проводились при включенной системе общего освещения. Исследованы напряженность электрического поля в диапазоне 5 Гц — 2 кГц, напряженность электрического поля в диапазоне 2–400 кГц, плотность магнитного потока в диапазоне 5 Гц — 2 кГц, плотность магнитного потока в диапазоне 2–400 кГц, напряженность электростатического поля. Результаты лабораторно-инструментальных исследований соответствовали требованиям санитарных правил и норм как для учебных помещений, так и для рабочих мест: напряженность электрического поля в диапазоне 5 Гц — 2 кГц составила (14 ± 4) В/м при норме не более 25 В/м; напряженность электрического поля в диапазоне 2–400 кГц составила $(1,5 \pm 0,3)$ В/м при норме не более 2,5 В/м; плотность магнитного потока в диапазоне 5 Гц — 2 кГц составила (150 ± 30) нТл при норме не более 250 нТл; плотность магнитного потока в диапазоне 2–400 кГц составила (8 ± 2) нТл при норме не более 25 нТл; напряженность электростатического поля составила $(0,5 \pm 0,1)$ кВ/м при норме не более 15 кВ/м.

Поддержание оптимального микроклимата в учебных помещениях обеспечивает нормальное тепловое состояние организма при минимальном напряжении механизмов терморегуляции и способствует профилактике заболеваемости и улучшению работоспособности учащихся [15, 21].

Оценены параметры микроклимата (температуры и относительной влажности воздуха) в учебных кабинетах с интерактивными панелями в сравнении с классами с традиционной меловой доской в динамике учебного дня. Результаты лабораторно-инструментальных исследований представлены на рис. 1 и рис. 2. Перед проведением замеров параметров микроклимата в учебных классах проводилась влажная уборка.

Повышение температуры и снижение относительной влажности воздуха выявили в течение учебного дня во всех обследуемых классах. Однако в классах, оборудованных ИП, негативная динамика указанных показателей проявлялась в большей степени: температура воздуха к пятому уроку была на $1,0\text{--}1,5^{\circ}\text{C}$ выше, чем в кабинетах с меловой доской; показатели относительной влажности воздуха от первого к пятому уроку изменялись с $(54,8 \pm 9,3)\%$ до $(31,7 \pm 2,6)\%$, ($t = 2,0$; $p < 0,05$), становясь ниже нормируемых величин (против $(54,4 \pm 10,2)\%$ до $(41,9 \pm 2,1)\%$ в классах с обычной доской ($t = 2,0$; $p < 0,05$), в которых эти показатели оставались в пределах гигиенической нормы).

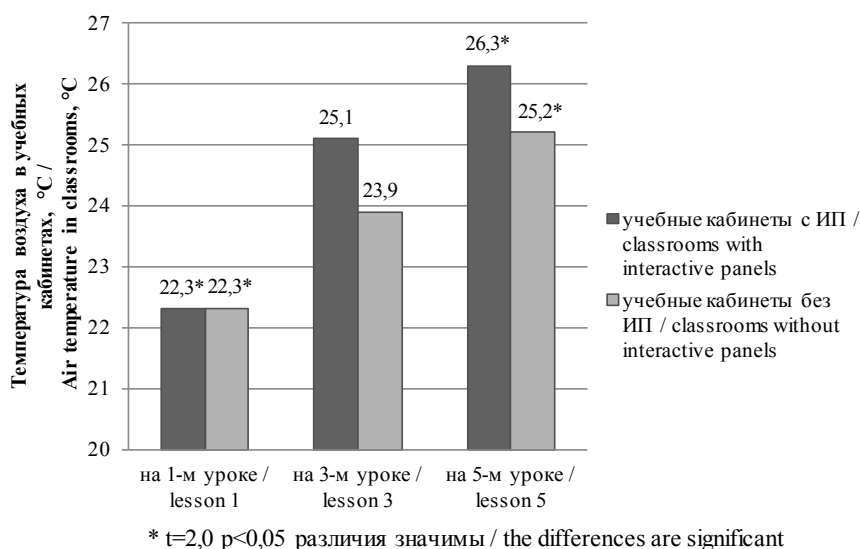


Рис. 1. Изменение температуры воздуха в учебных кабинетах в течение учебного дня (°C)
Fig. 1. Fluctuations in air temperature in classrooms during the school day (°C)

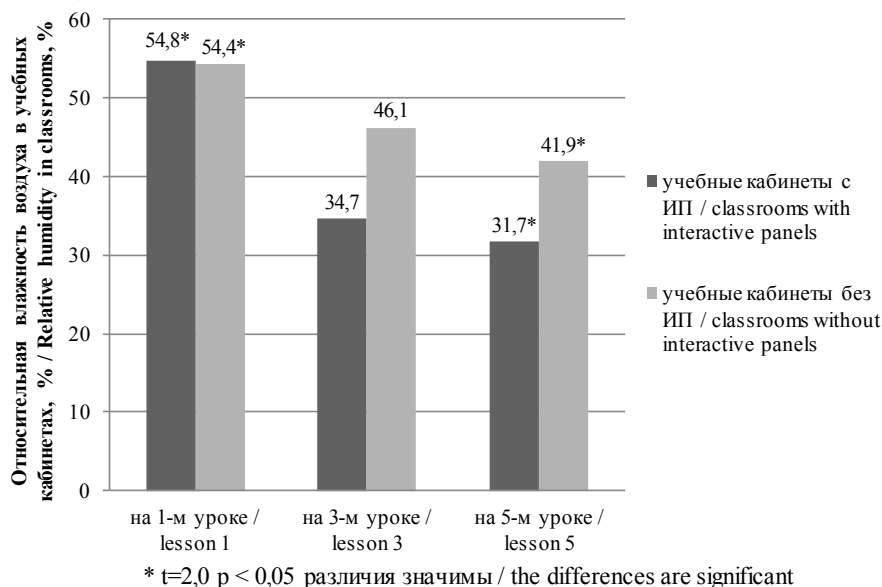


Рис. 2. Изменение относительной влажности воздуха в учебных кабинетах в течение учебного дня (%)
Fig. 2. Fluctuations in relative humidity in classrooms during the school day (%)

Это, по нашему мнению, объясняется более значительным нагреванием и высушиванием воздуха учебных помещений с работающими электронными устройствами, в частности интерактивной панелью.

Для подтверждения вышеуказанной гипотезы в качестве эксперимента в динамике дня в 18 классах с работающей ИП и 18 контрольных учебных кабинетах в отсутствие детей были проведены инструментальные исследования параметров микроклимата при выключенном централизованном отоплении без предварительной влажной уборки и проветривания помещения. Результаты данного исследования показали: температура к концу учебного дня в экспериментальных классах повышалась (в виде тенденции) в большей степени (на 5,2 °C), чем в контрольных (на 3,2 °C), а снижение относительной влажности воздуха при работающей ИП было более значимо (на 11,6 %), чем в классах с традиционной доской (на 4,9 %), ($t = 1,97$; $p < 0,05$).

Одним из важных показателей качества воздуха помещений является аэроионный состав, который характеризуется объемными концентрациями аэроионов определенных групп электрических подвижностей и определенного знака заряда. В помещениях происходит снижение концентраций легких аэроионов в силу увеличения механизма их стока на заряженные поверхности и осаждения на аэрозольные частицы. Аэроионный состав оказывает влияние на самочувствие человека, воздействуя практически на все жизненно важные системы через органы дыхания. Как известно, при нехватке в воздухе отрицательных аэроионов ухудшаются процессы концентрации внимания, замедляется мыслительная деятельность, возможны ощущения слабости, головокружения. В учебных помещениях с большим количеством отрицательно заряженных аэроионов происходит уменьшение количества микроорганизмов, снижается концентрация пыли в воздухе, нейтрализуются некоторые

газы, устраняются электростатические заряды с поверхностей оборудования.

Неоптимальное соотношение аэроионов в воздухе помещений обуславливает снижение защитных сил организма человека, недомогание, вялость, усталость, потерю аппетита, головную боль, бессонницу, ослабление памяти [22–25]. Доказано, что излучение компьютеров приводит к снижению числа аэроионов и их влияния на бактериальный фон в помещении [26, 27]. Соответственно, влияние ИП — «большого компьютера» — характеризовалось значительным снижением аэроионов. Замеры аэроионного состава воздуха проведены в динамике учебного дня: до начала занятий, после третьего и после пятого уроков — в классах, оборудованных ИП и традиционной меловой доской. Отделка всех обследованных учебных кабинетов была идентична и содержала синтетические материалы. Проветривание помещений осуществлялось согласно требованиям санитарного законодательства. Результаты лабораторно-инструментальных исследований

аэроионного состава воздуха приведены на рис. 3 и рис. 4.

В течение учебного дня во всех учебных помещениях наблюдалось снижение концентрации как положительных ($p+$), так и отрицательных ($p-$) аэроионов. Причем в классах с ИП темп снижения был более выражен: концентрация ($p+$) менялась с 940 ± 80 ион/см³ до менее 100 ион/см³ ($t = 2,0$; $p < 0,05$); а концентрация ($p-$) — с (1250 ± 95) ион/см³ до (210 ± 20) ион/см³ ($t = 2,0$; $p < 0,05$). Соответственно коэффициент униполярности, отражающий соотношение концентраций аэроионов положительной и отрицательной полярности, уменьшался с 0,75 до менее 0,3. И уже в середине учебного дня результаты измерения не соответствовали требованиям действующих санитарных правил и норм. В то время как в кабинетах с традиционной доской концентрация аэроионов положительной полярности менялась от начала к концу учебного дня с (980 ± 90) ион/см³ до (390 ± 70) ион/см³ ($t = 2,0$; $p < 0,05$); аэроионов отрицательной полярности — с (1280 ± 115) ион/см³

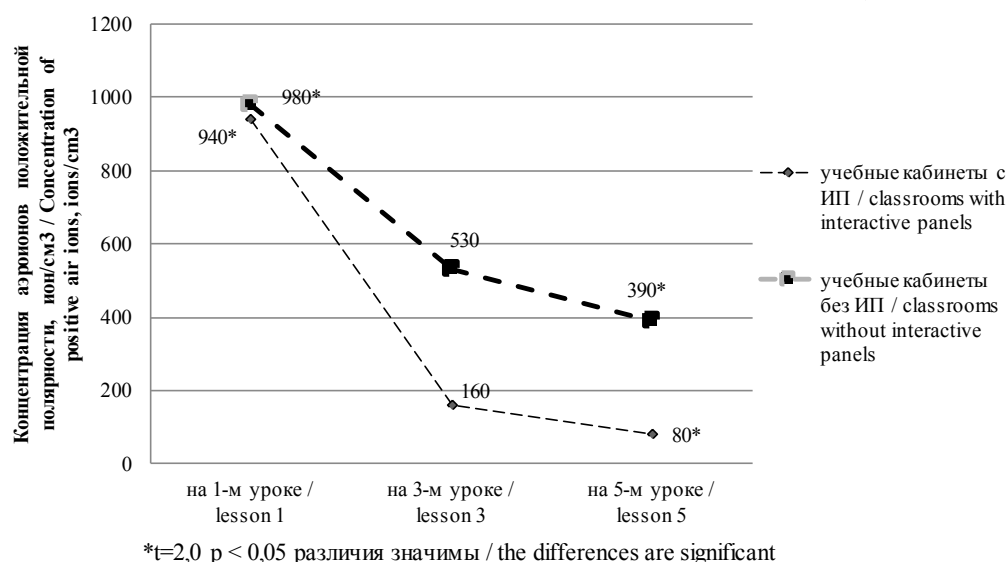


Рис. 3. Изменение концентрации аэроионов положительной полярности в учебных кабинетах в течение учебного дня (ион/см³)
Fig. 3. Changes in the concentration of positive air ions in classrooms during the school day (ions/cm³)

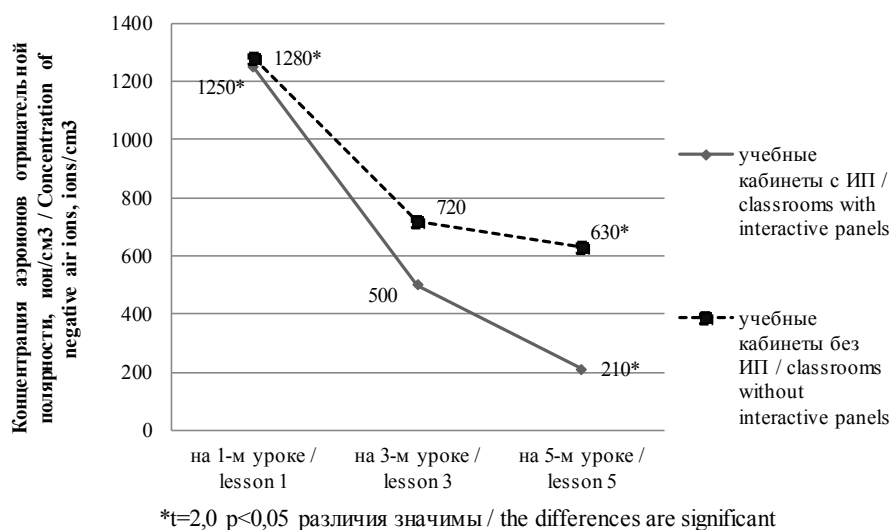


Рис. 4. Изменение концентрации аэроионов отрицательной полярности в учебных кабинетах в течение учебного дня (ион/см³)
Fig. 4. Changes in the concentration of negative air ions in classrooms during the school day (ions/cm³)

до 630 ± 55 ион/см³ ($t = 2,0$; $p < 0,05$); коэффициент униполярности — с 0,75 до 0,62. Указанные параметры находились в диапазоне нормируемых значений.

Согласно полученным данным некомфортность ряда параметров внутришкольной среды, обусловленная в том числе нерегламентируемым применением ИП на уроках, способствует повышению рисков нарушения здоровья школьников.

Так, проведенное ранее изучение влияния ИП на самочувствие участников образовательного процесса — учащихся и педагогов — на основе анкетирования последних выявило, что после использования ИП каждый пятый педагог испытывает головную боль и боли в области глаз, у каждого шестого появляется расплывчатость изображения [28]. По мнению почти половины опрошенных, использование ИП на уроках сопровождается повышением утомления учащихся, негативным влиянием на самочувствие обучающихся яркого света от ИП, повышения температуры воздуха. Среди основных жалоб учащихся, по мнению педагогов, можно выделить: боль в области глаз, головную боль, ухудшение самочувствия и т. п. Более трети педагогов считают, что работа с ИП вызывает более выраженное зрительное напряжение, чем с традиционной доской. Эти данные согласуются с результатами изучения показателей самочувствия учащихся средних классов на занятиях с использованием ИП [29].

Оптимизация параметров внутришкольной среды при использовании ИП, определение гигиенических регламентов ее применения на уроках будет способствовать профилактике переутомления и рисков нарушения здоровья школьников в условиях цифровой среды.

Выводы

1. Исследованные концентрации вредных веществ в воздухе учебных помещений, а также уровни электромагнитных полей и искусственного освещения на учебных местах находились в пределах нормируемых значений и соответствовали санитарным правилам и нормам.

2. Показатели микроклимата и аэроионного состава воздуха в классах с интерактивными панелями имели более выраженную негативную динамику в течение учебного дня, чем в кабинетах с традиционной меловой доской, что обуславливает необходимость использования мер по оптимизации воздушной среды помещений (увлажнение, ионизация воздуха и т. п.).

3. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости продолжения изучения состояния внутришкольной среды для научного обоснования гигиенических принципов организации обучения при использовании ИП.

Информация о вкладе авторов: М.В. Айзятowa, Н.В. Исакова — получение экспериментальных данных для анализа; М.В. Айзятowa, И.Э. Александрова — анализ полученных данных, написание текста рукописи; Н.Б. Мирская — обзор публикаций по теме статьи; М.Г. Вершинина, А.П. Фисенко — разработка концепции и дизайна исследования.

Финансирование: работа не имела спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение правил биоэтики. Все родители учеников обследованных классов подписали информированное согласие.

Список литературы (пп. 3–13, 19, 23, 24, 26, 27 см. References)

1. Проект «Московская электронная школа». [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.mos.ru/city/projects/mesh/> Дата обращения: 27.06.2020.
2. Александрова И.Э. Технология обеспечения безопасной для здоровья школьников организации обучения в цифровой образовательной среде: гигиеническая оптимизация урока и расписания // Школьные технологии. 2019. № 2. С. 45–52.
14. Кучма В.Р., Шубочкина Е.И., Сафонкина С.Г. и др. Санитарно-эпидемиологическое благополучие и риски здоровью детей и подростков при обучении в образовательных учреждениях // Анализ риска здоровью. 2014. № 1. С. 65–73.
15. Булычева Е.В. Гигиеническая характеристика факторов внутришкольной среды образовательных учреждений инновационного типа // Вестник Оренбургского государственного университета. 2011. № 16 (135). С. 248–250.
16. Чижик А.С., Пономарева И.А. Освещенность как фактор среды, воздействующий на умственную и физическую работоспособность участников образовательного процесса // Психолого-педагогические и физиологические аспекты построения физкультурно-оздоровительных программ и обеспечения их безопасности: сборник материалов научно-практической конференции, посвященной дням Российской науки и старту XXII зимних Олимпийских игр в г. Сочи. Ростов-на-Дону. 2014. С. 213–215.
17. Вагин Г.Я., Маслеева О.В., Пачурин Г.В. и др. Влияние качества питающего напряжения на параметры искусственного освещения рабочего места // Фундаментальные исследования. Технические науки. 2014. № 3-2. С. 247–252.
18. Дейнего В.Н., Капцов В.А. Свет энергосберегающих и светодиодных ламп // Гигиена и санитария. 2013. Т. 92. № 6. С. 81–84.
20. Лаптиева Л.Н., Крикало И.Н. Проблемы электромагнитной безопасности в школьном возрасте // Вестник Мозырского государственного педагогического университета им. И.П. Шамякина. 2015. № 2 (46). С. 33–39.
21. Минько В.А., Ильина Г.Г., Дивиченко И.В. Анализ состояния микроклимата в учебных аудиториях БГТУ им. В.Г. Шухова // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. № 3. С. 83–88.
22. Захарченко М.П., Бовтюшко В.Г., Хавинсон В.Х. и др. Ионизация воздушной среды и здоровье. СПб.: Нордмедиздат, 2002. 200 с.
25. Симонова И.Н. Исследование аэроионного состава воздуха в учебных помещениях вуза // Образование и наука в современном мире. Инновации. 2017. № 2 (9). С. 208–211.
28. Степанова М.И., Березина Н.О., Александрова И.Э. и др. Использование интерактивных панелей на уроках в школе и их влияние на самочувствие пользователей. В кн.: «Человек. Здоровье. Окружающая среда». Материалы республиканской научно-практической конференции с международным участием, посвященной гигиеническим аспектам первичной медицинской профилактики заболеваний. Минск БелМАПО. 2019. С. 263–268.
29. Степанова М.И., Березина Н.О., Поленова М.А. и др. Оценка самочувствия школьников на учебных занятиях с применением интерактивных панелей // Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья. 2020. № 1. С. 22–27.

References

1. *Moscow Electronic School Project*. Available at: <https://www.mos.ru/city/projects/mesh/>. Accessed: 27 June 2020. (In Russian).

2. Aleksandrova IE. [Technology to ensure safe for the health of students organization of training in the digital educational environment: hygienic optimization of the lesson and schedule.] *Shkol'nye Tekhnologii*. 2019; (2):45-52. (In Russian).
3. Barr N, Pennycook G, Stolz JA, *et al.* The brain in your pocket: evidence that smartphones are used to supplant thinking. *Comput Human Behav*. 2015; 48:473-480. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.02.029>
4. Chang A-M, Aeschbach D, Duffy JF, *et al.* Evening use of light-emitting eReaders negatively affects sleep, circadian timing, and next-morning alertness. *PNAS*. 2015; 112(4):1232-1237. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1418490112>
5. Falbe J, Davidson KK, Franckle RL, *et al.* Sleep duration, restfulness, and screens in the sleep environment. *Pediatrics*. 2015; 135(2):e367-e375. DOI: <https://doi.org/10.1542/peds.2014-2306>
6. Firth J, Torous J, Stubbs B, *et al.* The "online brain": how the Internet may be changing our cognition. *World Psychiatry*. 2019; 18(2):119-129. DOI: <https://doi.org/10.1002/wps.20617>
7. Foerster M, Henneke A, Chetty-Mhlanga S, *et al.* Impact of adolescents' screen time and nocturnal mobile phone-related awakenings on sleep and general health symptoms: A prospective cohort study. *Int J Environ Res Public Health*. 2019; 16(3), 518. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph16030518>
8. Gindrat A-D, Chytiris M, Balerna M, *et al.* Use-dependent cortical processing from fingertips in touchscreen phone users. *Curr Biol*. 2015; 25(1):109-116. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2014.11.026>
9. Do YK, Shin E, Bautista MA, *et al.* The associations between self-reported sleep duration and adolescent health outcomes: What is the role of time spent on Internet use? *Sleep Med*. 2013; 14(2):195-200. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2012.09.004>
10. Hadar A, Hadas I, Lazarovits A, *et al.* Answering the missed call: Initial exploration of cognitive and electrophysiological changes associated with smartphone use and abuse. *PloS One*. 2017; 12(7):e0180094. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180094>
11. Hale L, Guan S. Screen time and sleep among school-aged children and adolescents: A systematic literature review. *Sleep Med Rev*. 2015; 21:50-58. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.smrv.2014.07.007>
12. Kelleci M. The effects of Internet use, cell phones and computer games on mental health of children and adolescents. *TAF Prev Med Bull*. 2008; 7(3):253-256.
13. Kühn S, Gallinat J. Brains online: structural and functional correlates of habitual Internet use. *Addict Biol*. 2015; 20(2):415-422. DOI: <https://doi.org/10.1111/adb.12128>
14. Kuchma VR, Shubochkina EI, Safonkina SG, *et al.* Sanitary and epidemiological safety and risk to health of children and teenagers during education. *Health Risk Analysis*. 2014; (1):65-73. (In Russian).
15. Bulicheva EV. The hygienic characteristic of factors of the intraschool environment, educational institutions of innovative type. *Vestnik Orenburgskogo Gosudarstvennogo Universiteta*. 2011; (16(135)):248-250. (In Russian).
16. Chizhik AS, Ponomareva IA. Illumination as an environmental factor affecting mental and physical performance of participants in the educational process. In: *Psychological, pedagogical and physiological aspects of building fitness programs and ensuring their safety: Proceedings of the scientific and practical conference dedicated to the days of Russian science and the start of the XXII Winter Olympic Games in Sochi*. Rostov-on-Don: Yuzhnyi Federal'nyi Universitet Publ., 2014. Pp. 213-215. (In Russian).
17. Vagin GY, Masleeva OV, Pachurin GV, *et al.* Influence on quality supply options artificial lighting workplace. *Fundamental'nye Issledovaniya*. 2014; (3-2):247-252. (In Russian).
18. Deynego VN, Kapstov VA. Energy saving and LED lamp lighting and human health. *Gigiena i Sanitariya*. 2013; 92(6):81-84. (In Russian).
19. Goel N, Terman M, Terman JS, *et al.* Controlled trial of bright light and negative air ions for chronic depression. *Psychol Med*. 2005; 35(7):945-955. DOI: <https://doi.org/10.1017/s0033291705005027>
20. Laptieva LN, Krikalo IN. [Problems of electromagnetic safety in school age.] *Vestnik Mozyrskogo Gosudarstvennogo Pedagogicheskogo Universiteta im I.P. Shamyakina*. 2015; (2(46)):33-39. (In Russian).
21. Min'ko VA, Il'ina GG, Divichenko IV. [Analysis of the microclimate in the classrooms of BSTU named after V.G. Shukhov.] *Vestnik Belgorodskogo Gosudarstvennogo Tekhnologicheskogo Universiteta im V.G. Shukhova*. 2009; (3):83-88. (In Russian).
22. Zakharchenko MP, Bovtyushko VG, Khavinson VH, *et al.* [Air ionization and health.] Saint Petersburg: Nordmedizdat Publ., 2002. 200 p. (In Russian).
23. Blackball K, Appleton S, Cates CJ. Ionisers for chronic asthma. *Cochrane Database Syst Rev*. 2012; 9:CD002986. DOI: <https://doi.org/10.1002/14651858.CD002986.pub2>
24. Iwama H. Negative air ions created by water shearing improve erythrocyte deformability and aerobic metabolism. *Indoor Air*. 2004; 14(4):293-7. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0668.2004.00254.x>
25. Simonova IN. [The study of ion composition in air of educational premises of the university.] *Obrazovanie i Nauka v Sovremennom Mire. Innovatsii*. 2017; (2(9)):208-211. (In Russian).
26. Meschke S, Smith BD, Yost M, *et al.* The effect of surface charge, negative and bipolar ionization on the deposition of airborne bacteria. *J Appl Microbiol*. 2009; 106(4):1133-1139. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2008.04078.x>
27. Nakane H, Asami O, Yamada Y, *et al.* Effect of negative air ions on computer operation, anxiety and salivary chromogranin A-like immunoreactivity. *Int J Psychophysiol*. 2002; 46(1):85-89. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0167-8760\(02\)00067-3](https://doi.org/10.1016/s0167-8760(02)00067-3)
28. Stepanova MI, Berezina NO, Aleksandrova IE, *et al.* [The use of interactive panels at school lessons and their effect on the wellbeing of users.] In: *Man. Health. Environment: Proceedings of the republican scientific and practical conference with international participation dedicated to hygienic aspects of primary medical disease prevention*. Minsk: BelMAPO Publ., 2019. Pp. 263-268. (In Russian).
29. Stepanova MI, Berezina NO, Polenova MA, *et al.* Assessment of students' well-being in training sessions using interactive panels. *Voprosy Shkol'noi i Universitetskoi Meditsiny i Zdorov'ya*. 2020; (1):22-27. (In Russian).

© Давлетова Н.Х., Тафеева Е.А., 2021

УДК 613.15

Анализ изменения концентрации диоксида углерода в воздухе учебных помещений спортивного вуза

Н.Х. Давлетова^{1,2}, Е.А. Тафеева²

¹ФГБОУ ВО «Поволжская государственная академия физической культуры, спорта и туризма», Минспорта России, Деревня Универсиады, д. 35, г. Казань, 420010, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России, ул. Бутлерова, д. 49, г. Казань, 420012, Российская Федерация

Резюме: Введение. Качество воздушной среды помещений спортивного вуза определяет комфортность учебного и тренировочного процессов и может рассматриваться как фактор риска здоровью студентов. Цель – гигиеническая оценка изменения концентраций CO₂ в воздухе учебных помещений спортивного вуза в течение учебного дня. Материалы и методы. Были проведены замеры в 12 учебных, 6 лекционных аудиториях, 3 спортивных и тренажерном залах. Субъективная оценка качества воздуха в учебных помещениях анализировалась по результатам анкетирования 651 студента. Результаты. Различия в удельном весе проб, не соответствующих гигиеническим нормативам, между группами учебных помещений незначительны и составили от 32 ± 4,66 % до 41,33 ± 2,84 % в холодный период (ХП) и от 42,33 ± 2,85 % до 49,33 ± 4,08 % в теплый период (ТП). Среднее значение концентраций CO₂ в нестандартных пробах составило 1132,11 ± 93,21 ppm в ХП и 1124,98 ± 98,51 ppm в ТП. Выявлено, что концентрации CO₂ в воздухе в ХП к 15.40 превышали допустимое содержание в 100 % учебных аудиторий, в 50 % лекционных залов и тренажерном зале, а к концу учебного дня в 100 % обследованных аудиторий. В ТП в тренажерном зале и в 33,3 % лекционных аудиторий наблюдалось превышение допустимых значений уже к 13.00, а к 15.40 превышения наблюдались в 100 % обследованных помещений. Результаты субъективной оценки качества воздуха показали, что большинство студентов часто жалуются на духоту в учебных помещениях; 25,25 ± 1,2 % опрошенных указали на наличие сильного запаха в спортивных и тренажерном залах. Выводы. В значительной части учебных помещений концентрации CO₂ не превышают допустимых значений в течение более 80 % времени учебного дня. Тем не менее, после четвертого учебного занятия данный показатель выходил за пределы нормативных значений и к концу учебного дня в 100 % обследованных помещений наблюдалось превышение допустимого содержания CO₂.

Ключевые слова: диоксид углерода, воздух общественных зданий, учебные помещения, спортивные залы, студенты-спортсмены, анкетирование.

Для цитирования: Давлетова Н.Х., Тафеева Е.А. Анализ изменения концентрации диоксида углерода в воздухе учебных помещений спортивного вуза // Здоровье населения и среда обитания. 2021. № 2 (335). С. 22–27. DOI: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-335-2-22-27>

Информация об авторах:

✉ Давлетова Наиля Ханифовна – к.м.н., доцент кафедры медико-биологических дисциплин ФГБОУ ВО «Поволжская государственная академия физической культуры, спорта и туризма»; e-mail: davletova0681@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2014-1746>

Тафеева Елена Анатольевна – д.м.н., доцент кафедры гигиены, медицины труда ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России; e-mail: tafeeva@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4161-2463>.

Analysis of Changes in the Concentration of Carbon Dioxide in Indoor Air of a Sports University

N.Kh. Davletova^{1,2}, E.A. Tafeeva²

¹Volga Region State Academy of Physical Culture, Sports and Tourism of the Russian Ministry of Sport, 35 Universiade Village, Kazan, 420010, Russian Federation

²Kazan State Medical University of the Russian Ministry of Health, 49 Butlerov Street, Kazan, 420012, Russian Federation

Summary. Introduction: Air quality of the premises of a sports university determines comfort and effectiveness of the educational and training processes and can be considered as a risk factor for students' health. The purpose of our study was to give a hygienic assessment of changes in the indoor CO₂ concentration at a sports university during the school day. Materials and methods: Air quality measurements were taken in twelve classrooms, six lecture halls, three sports halls, and a gym. The subjective assessment of air quality in classrooms was analyzed using data of a questionnaire-based survey of 651 students. Results: We found that differences in the proportion of air samples with elevated CO₂ concentrations between the rooms were insignificant and ranged from 32 ± 4.66 % to 41.33 ± 2.84 % in the cold season (CS) and from 42.33 ± 2.85 % to 49.33 ± 4.08 % in the warm season (WS). Average CO₂ concentrations in non-standard samples were 1,132.11 ± 93.21 ppm and 1,124.98 ± 98.51 ppm in the cold and warm season, respectively. We established that in the cold season, indoor CO₂ concentration exceeded the permissible limit in 100 % of the classrooms, 50 % of the lecture halls and the gym already by 3.40 p.m. (15:40); by the end of the school day, the excess was registered in 100 % of the university rooms. In the warm season, CO₂ concentrations were above the limit in the gym and in 33.3 % of the lecture halls by 1 p.m. (13:00), and by 3.40 p.m. the excess was observed in 100 % of the rooms examined. Subjective air quality assessments indicated that most students often complained about stuffiness in classrooms; 25.25 ± 1.2 % of the respondents mentioned a strong odor in sports halls and the gym. Conclusion: In a significant part of sports university rooms, CO₂ concentrations did not exceed permissible values for more than 80 % of school hours. Yet, after the fourth double lesson, this air quality indicator went beyond the standard value, and by the end of the school day indoor concentrations of carbon dioxide were above the permissible limit in 100 % of the university rooms.

Keywords: carbon dioxide, indoor air quality, classrooms, gyms, student athletes, a questionnaire-based survey.

For citation: Davletova NKh, Tafeeva EA. Analysis of changes in the concentration of carbon dioxide in indoor air of a sports university. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021; (2(335)):22–27. (In Russian) DOI: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-335-2-22-27>

Author information:

✉ Naila Kh. Davletova, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Department of Biomedical Sciences, Volga Region State Academy of Physical Culture, Sports and Tourism; e-mail: davletova0681@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2014-1746>.

Elena A. Tafeeva, D.M.Sc., Associate Professor, Department of Occupational Health, Medicine, Kazan State Medical University of the Russian Ministry of Health; e-mail: tafeeva@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4161-2463>.

Введение. Одним из актуальных вопросов, требующих научного анализа, является изучение условий обучения студенческой молодежи [1, 2]. Студенты большую часть времени проводят в стенах высшего учебного заведения, и параметры воздушной среды учебных помещений (учебных, лекционных аудиторий, лабораторий, спортивных тренажерных залов) определяют комфортность учебного и тренировочного процессов, оказывая непосредственное влияние на самочувствие и работоспособность учащихся, и могут рассматриваться как факторы риска здоровью [3–5]. При этом риски для здоровья от воздействия загрязненного воздуха в учебных аудиториях могут быть выше, чем те, которые связаны с загрязнением наружного воздуха [6, 7].

Хорошо известно, что косвенным показателем загрязнения воздушной среды помещений является содержание углекислого газа (CO_2) [8–10]. На основе измерения концентрации диоксида углерода проводится оценка качества воздуха закрытых помещений и эффективность воздухообмена [11–14]. Особую актуальность проблема повышения концентрации CO_2 приобретает для спортивных и тренажерных залов из-за более интенсивного его поступления в окружающую среду с выдыхаемым воздухом во время выполнения физических нагрузок. В то же время тренировки в неблагоприятных условиях окружающей среды могут способствовать формированию отклонений в состоянии здоровья студентов-спортсменов [15, 16].

При увеличении содержания CO_2 в воздухе помещений происходит рост числа жалоб на быстрое утомление: возникают сложности с концентрацией внимания, появляются чувство сонливости, головные боли [17]. Так, согласно данным исследований, при концентрации CO_2 выше 600–800 ppm наблюдается снижение внимания на 30 %; при концентрациях более 1500 ppm у 79 % испытуемых отмечается чувство усталости; у 97 %, страдающих мигренью, жалобы на головную боль появляются при уровне углекислого газа в воздухе 1000 ppm и выше [18]. Длительное нахождение в помещениях с повышенным содержанием CO_2 в воздухе может рассматриваться как фактор риска развития синдрома хронической усталости, учащения случаев заболеваний верхних дыхательных путей [19, 20].

Необходимость детального изучения изменения концентраций CO_2 в учебных и лекционных аудиториях, спортивных и тренажерных залах высших учебных заведений для обеспечения в них надлежащего качества воздуха и создания комфортной, безопасной для здоровья студенческой молодежи среды определило актуальность настоящего исследования.

Цель исследования — гигиеническая оценка изменения концентраций CO_2 в воздухе учебных помещений спортивного вуза в течение учебного дня.

Материалы и методы. Измерения концентраций диоксида углерода проводились в основных

помещениях учебно-лабораторного комплекса Поволжской государственной академии физической культуры, спорта и туризма в теплый и холодный периоды с 2018 по 2020 г. Были проведены замеры в 12 учебных аудиториях (площадь $49,1 \pm 4,45 \text{ м}^2$), в 6 лекционных (поточных) аудиториях (площадь $136,43 \pm 17,67 \text{ м}^2$), в спортивном зале общей площадью 1546 м^2 (площадь зала разделена двумя перегородками высотой 2 метра на 3 отдельных — борцовский, волейбольный, баскетбольный залы), в тренажерном зале площадью 228 м^2 . Таким образом, было проведено исследование всех лекционных аудиторий, тренажерного и спортивного залов, которые находятся в здании учебно-лабораторного корпуса. Выбор учебных аудиторий для обследования основывался на том, что это аудитории, в которых занимались исключительно студенты-спортсмены, задействованные в анкетировании; аудитории располагались на разных этажах здания Поволжской государственной академии физической культуры, спорта и туризма; загруженность аудитории в течение учебного дня составляла 5 учебных пар длительностью по 1,5 часа. Продолжительность использования каждого обследованного учебного помещения в течение дня согласно расписанию была одинаковой: с 8.30 до 17.10.

Замеры концентраций диоксида углерода проводились согласно ГОСТ Р ИСО 16000-26-2015¹. Количество точек замера зависело от площади исследуемого помещения и составило от одной точки в помещениях до 50 м^2 до пяти точек в аудиториях площадью более 50 м^2 , спортивных и тренажерном залах. При расположении точек замера был использован метод конверта: 1 м от внутренних углов и в центре помещения на высоте 1,5 м от пола. Измерения проводили при помощи газоанализатора AZ-7755 Handheld CO_2 Detector Carbon Dioxide Gas Detector with Temperature and Humidity (диапазон измерения от 0 до 2000 ppm, точность $\pm 50 \text{ ppm} \pm 5 \%$). Общее количество замеров — 1100.

Для оценки изменения концентраций диоксида углерода в воздухе помещений в течение учебного дня были проведены замеры до первого занятия (8.30), на большой перемене (13.00) и после последнего занятия (17.10). Для оценки изменений концентраций CO_2 в течение учебного занятия были проведены измерения в начале (8.30, 15.40) и в конце практического (семинарского, лекционного) занятия или тренировки (10.00, 17.10). При проведении измерений не акцентировалось внимание на обязательности соблюдения требований к проветриванию помещений, преподаватели и студенты самостоятельно принимали решение о его необходимости. Поэтому режим проветривания учебных помещений был неодинаковым.

Оценку качества воздуха помещений по содержанию CO_2 проводили согласно ГОСТ 30494–2011², ГОСТ Р ЕН 13779–2007³.

Субъективная оценка качества воздуха в учебных помещениях анализировалась по

¹ ГОСТ Р ИСО 16000-26–2015 Воздух замкнутых помещений. Часть 26. Отбор проб при определении содержания диоксида углерода (CO_2). Доступно по: <http://docs.cntd.ru/document/1200124959>. Ссылка активна на 16 апреля 2020.

² ГОСТ 30494–2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. Доступно по: <http://docs.cntd.ru/document/gost-30494-2011>. Ссылка активна на 16 апреля 2020.

³ ГОСТ Р ЕН 13779–2007 Вентиляция в нежилых зданиях. Технические требования к системам вентиляции и кондиционирования. Доступно по: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-en-13779-2007>. Ссылка активна на 16 апреля 2020.

результатам анкетирования 651 студента 1–4 курсов бакалавриата и 1–2 курсов магистратуры Поволжской академии физической культуры, спорта и туризма. Средний возраст опрошенных респондентов составил $20,5 \pm 1,9$ лет. Анкетирование проводилось через заполнение Google-формы⁴.

Статистический анализ полученных данных осуществлялся с помощью методов непараметрической статистики (средние значения, стандартное отклонение $M \pm s$ и ошибка показателя $P \pm p$) с использованием компьютерной программы Microsoft Excel и пакета анализа Statistica 8.0. Достоверность различий между группами оценивалась по непараметрическому критерию Краскела – Уоллиса, Манна – Уитни для несвязанных выборок (критический уровень значимости $p < 0,05$).

Результаты исследования. Основным источником загрязнения углекислым газом воздуха внутри помещений является человек, который в течение часа выдыхает от 18 до 110 литров CO_2 в зависимости от вида деятельности и уровня физической активности [19]. Согласно данным исследований и нормативных документов, критерием безопасного качества воздушной среды общественных зданий является концентрация CO_2 не более 1000 ppm. Такая концентрация CO_2 в воздухе помещений не оказывает негативного влияния на самочувствие и работоспособность человека [19, 20–23].

Согласно нормативным документам, качество воздуха делится на четыре класса: 1 класс (IDA 1) – высокое качество (концентрация CO_2 – менее 400 ppm); 2 класс (IDA 2) – среднее качество (концентрация CO_2 – 400–600 ppm); 3 класс (IDA 3) – допустимое/приемлемое качество (концентрация CO_2 – 600–1000 ppm); 4 класс (IDA 4) – низкое качество (концентрация

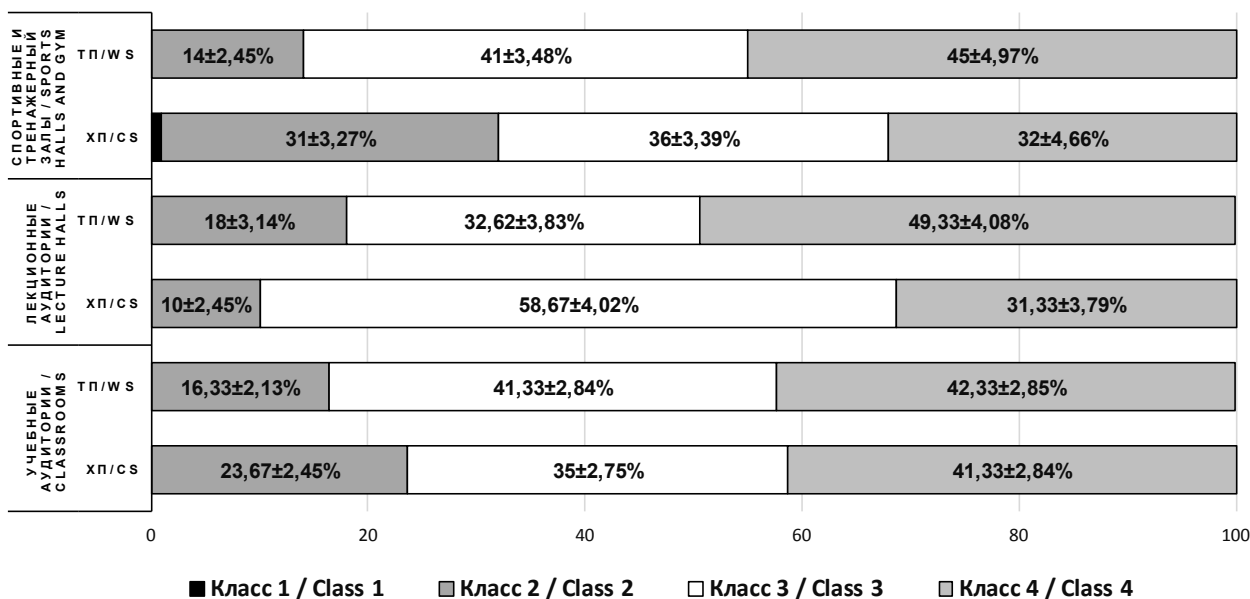
CO_2 – более 1000 ppm). В ходе исследования был рассчитан удельный вес проб по классам качества воздуха в отдельных группах учебных помещений в теплый и холодный период года (рис. 1).

Сравнительная оценка качества воздуха в учебных и лекционных аудиториях, спортивных и тренажерном залах не выявила статистически значимых различий. Установлено, что большинство проб воздуха относится к третьему и четвертому классам качества. Наибольшее количество проб воздуха, относящихся ко второму классу, с концентрацией CO_2 в пределах 400–600 ppm, наблюдалось в холодный период года в спортивных и тренажерном залах ($31 \pm 3,27\%$) и учебных аудиториях ($23,67 \pm 2,45\%$), наименьшее – в лекционных (поточных) аудиториях ($10 \pm 2,45\%$).

Четвертый класс качества воздуха оценивается как низкий и характеризуется превышением допустимого содержания CO_2 (1000 ppm). Различия в удельном весе проб, не соответствующих гигиеническим нормативам, между группами учебных помещений незначительны и составляют от $32 \pm 4,66\%$ до $41,33 \pm 2,84\%$ в холодный период и от $42,33 \pm 2,85\%$ до $49,33 \pm 4,08\%$ в теплый период (табл. 1).

Установлено, что удельный вес проб с превышением допустимого содержания CO_2 не имеет статистически значимых отличий в разное время года. Среднее значение концентраций CO_2 в нестандартных пробах составило $1132,11 \pm 93,21$ ppm в холодный период года и $1124,98 \pm 98,51$ ppm – в теплый.

Анализ изменений концентрации CO_2 в воздухе различных групп помещений в течение учебного дня показал, что с утра и до обеда концентрации CO_2 в воздухе учебных помещений не превышают допустимых значений.



Сокращения: ХП – холодный период, ТП – теплый период
Abbreviations: CS, cold season; WS, warm season

Рис. 1. Удельный вес проб по классам качества воздуха в учебных помещениях в холодный и теплый периоды года, % ($P \pm p$)

Fig. 1. Distribution of samples taken in university rooms by air quality classes during cold and warm seasons, % ($P \pm p$)

⁴ https://docs.google.com/forms/d/1QiS4L8IyR60hSYwkp-QaJNuSDP1QtIDRICeKBExtADY/viewform?edit_requested=true

Однако в течение дня наблюдается увеличение концентрации CO_2 в воздухе и превышение допустимых значений после обеда к 15.40 (табл. 2).

Установлено, что к концу учебного дня концентрации диоксида углерода превышали допустимые значения в учебных аудиториях в холодный период на $24,6 \pm 2,49$ %, лекционных — на $15,64 \pm 2,9$ %, в спортивных и тренажерных залах — на $12,5 \pm 3,31$ % и в теплый период на $25,5 \pm 2,52$ %, $17,7 \pm 3,12$ %, $17 \pm 3,76$ % соответственно. Концентрации CO_2 в воздухе в холодный период года превышали допустимое содержание в 100 % учебных аудиторий, в 50 % лекционных залов и тренажерном зале к 15.40 и в 100 % обследованных аудиторий к концу учебного дня. В теплый период года в тренажерном зале и в 33,3 % лекционных аудиторий наблюдалось превышение допустимых значений уже к 13.00, а к 15.40 превышения наблюдались в 100 % обследованных помещений.

Вне зависимости от времени года наблюдалось увеличение концентрации CO_2 в воздухе учебных помещений к концу учебного дня, что может свидетельствовать о недостаточной эффективности работы системы искусственной вентиляции и отсутствии/недостаточности систематического проветривания. Как правило, продолжительность проветривания часто ограничивается погодными-климатическими условиями и, в основном, равна величине перерыва между учебными занятиями — 10 минут [24].

Качество воздуха внутри учебных помещений в совокупности с другими специфическими особенностями учебного процесса в спортивном

вузе не может не отразиться на самочувствии студентов. Содержание в воздухе повышенных концентраций диоксида углерода субъективно может проявляться чувством дискомфорта у находящихся в помещении. Этот факт подтверждают и результаты ответов на вопрос: «Как часто вы замечаете чувство духоты в перерывах учебных помещениях?» (рис. 2).

Так, большинство опрошенных студентов считают, что в учебных помещениях часто бывает душно. При этом $13,66 \pm 0,94$ % респондентов всегда недовольны качеством воздуха в спортивных и тренажерном залах, $5,28 \pm 0,87$ % — в лекционных аудиториях и $4,98 \pm 0,48$ % — в учебных аудиториях. В то же время $11,92 \pm 1,26$ % опрошенных ответили, что никогда не замечали чувства духоты в учебных аудиториях, $11,61 \pm 1,24$ % — в лекционных залах, $11,32 \pm 0,87$ % — в спортивных и тренажерном зале.

Из числа опрошенных студентов $25,25 \pm 1,2$ % указали на наличие сильного запаха и только $16,3 \pm 1,02$ % на его отсутствие в спортивных и тренажерном залах, а $41,09 \pm 1,35$ % характеризовали запах как отчетливый.

В учебных и лекционных аудиториях большинство студентов отнесли интенсивность запаха воздуха к отчетливому ($47,88 \pm 1,94$ % и $47,73 \pm 1,94$ % соответственно), $25,61 \pm 1,7$ % и $25 \pm 1,69$ % отметили, что не чувствуют постороннего запаха, а $22,42 \pm 1,62$ % и $23,33 \pm 1,65$ % указали, что запах в учебных и лекционных аудиториях едва заметный.

Вывод. Полученные нами данные сопоставимы с результатами исследований других

Таблица 1. Характеристика проб с превышением допустимого содержания CO_2 в учебных помещениях спортивного вуза
Table 1. Characteristics of indoor air samples with CO_2 concentrations exceeding the permissible limit

Наименование учебного помещения / Room type	Удельный вес проб с превышением допустимого содержания CO_2 , % (P ± p) / Proportion of samples with CO_2 levels above the permissible limit, % (P ± p)	Среднее значение концентрации диоксида углерода в пробах с превышением допустимого содержания CO_2 , ppm (M ± s) / Average concentration of carbon dioxide in samples exceeding the permissible limit, ppm (M ± s)
<i>Холодный период / Cold season</i>		
Учебные аудитории / Classrooms	$41,33 \pm 2,84$	$1147,74 \pm 99,49$
Лекционные аудитории / Lecture halls	$31,33 \pm 3,79$	$1108,97 \pm 70,44$
Спортивные и тренажерный залы / Sports halls and gym	$32 \pm 4,66$	$1105,53 \pm 86,36$
<i>Теплый период / Warm season</i>		
Учебные аудитории / Classrooms	$42,33 \pm 2,85$	$1146,8 \pm 107,19$
Лекционные аудитории / Lecture halls	$49,33 \pm 4,08$	$1097,39 \pm 78,97$
Спортивные и тренажерный залы / Sports halls and gym	$45 \pm 4,97$	$1108,78 \pm 88,67$

Таблица 2. Изменение концентрации диоксида углерода в учебных помещениях
Table 2. Changes in indoor concentrations of carbon dioxide in university rooms

Время / Time	Концентрация диоксида углерода, ppm (M ± s) / Carbon dioxide concentration, ppm (M ± s)					
	Холодный период / Cold season			Теплый период / Warm season		
	Учебные аудитории / Classrooms (n = 300)	Лекционные аудитории / Lecture halls (n = 150)	Спортивные и тренажерный залы / Sports halls and gym (n = 100)	Учебные аудитории / Classrooms (n = 300)	Лекционные аудитории / Lecture halls (n = 150)	Спортивные и тренажерный залы / Sports halls and gym (n = 100)
8.30	$544,12 \pm 86,56$	$621,73 \pm 95,64$	$451,3 \pm 82,57$	$573,5 \pm 70,93$	$562,89 \pm 52,15$	$601,9 \pm 52,34$
10.00	$674,62 \pm 82,76$	$717,2 \pm 119,88$	$549,55 \pm 95,26$	$690,23 \pm 61,64$	$713,16 \pm 105,62$	$647,05 \pm 66,7$
13.00	$806,68 \pm 107,12$	$788,93 \pm 79,06$	$739,25 \pm 120,9$	$825,5 \pm 102,77$	$976,1 \pm 38,15$	$839,55 \pm 99,58$
15.40	$1059,12 \pm 26,58$	$993,43 \pm 42,51$	$1033,25 \pm 83,1$	$1055,15 \pm 32,72$	$1059,2 \pm 24,35$	$1073,45 \pm 69,37$
17.10	$1246,02 \pm 26,43$	$1156,4 \pm 33,1$	$1125,3 \pm 81,91$	$1255,03 \pm 24,84$	$1177,57 \pm 54,81$	$1170 \pm 72,87$

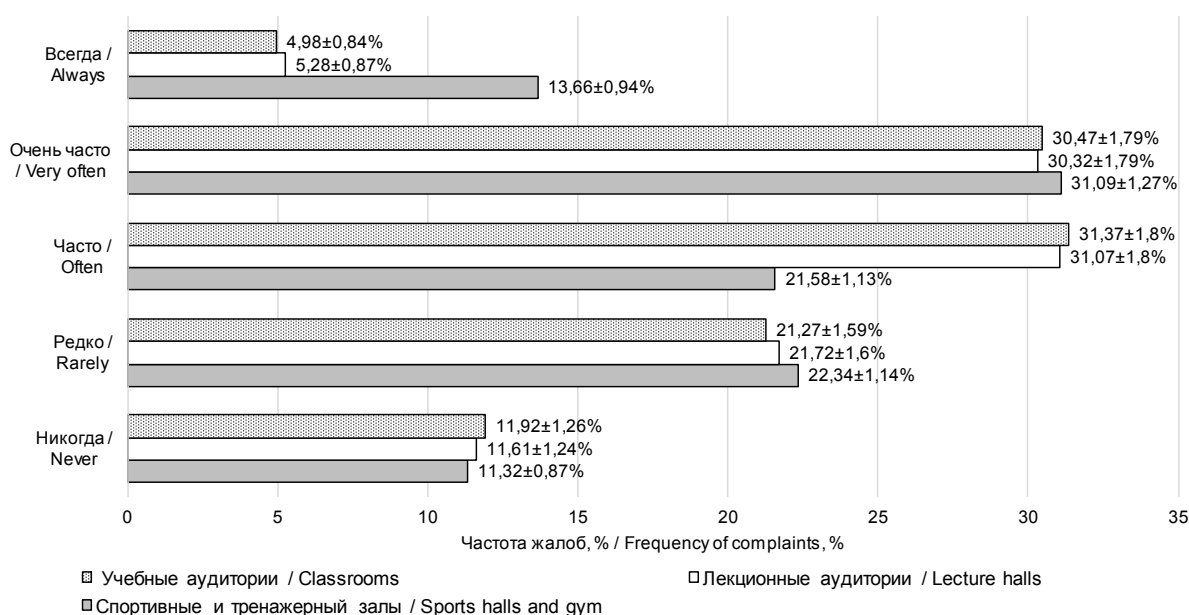


Рис. 2. Частота жалоб студентов на качество воздуха в учебных помещениях
Fig. 2. Frequency of student complaints about indoor air quality

авторов [19, 25–27]. Анализ полученных в ходе исследования результатов показал, что в значительной части учебных помещений спортивного вуза концентрации CO_2 не превышают допустимых значений в течение более 80 % времени учебного дня. Тем не менее, после четвертого учебного занятия данный показатель выходил за пределы нормативных значений и к концу учебного дня в 100 % обследованных помещений наблюдалось превышение допустимого содержания CO_2 . Полученный результат может быть объяснен недостаточностью естественной вентиляции и низкой эффективностью работы системы искусственной вентиляции, особенностями учебного процесса в высшей школе в части продолжительности учебного занятия, которая составляет 1,5 часа, и интенсивностью выполнения физической нагрузки (спортивные и тренажерные залы) [28–30].

На качество воздуха учебных помещений жалуются и сами студенты. Большинство опрошенных студентов отмечают наличие посторонних запахов и «чувство духоты» к концу учебного дня. Появление подобных жалоб может также свидетельствовать об увеличении концентраций антропоксинов в воздухе учебных помещений.

Для обеспечения оптимального качества воздуха внутри помещений и создания комфортных условий для учебной и тренировочной деятельности необходимо регулирование работы систем искусственной вентиляции на основе систематического сбора и обработки информации об изменении концентраций CO_2 , составление графика проветриваний, включая сквозные проветривания в течение учебного или тренировочного занятия. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости дальнейшего изучения условий обучения в спортивном вузе и разработки комплексной программы по созданию комфортной и безопасной среды для здоровья студентов-спортсменов.

Информация о вкладе авторов: разработка дизайна исследования, сбор и обработка материала, написание статьи — Давлетова Н.Х.; разработка дизайна

исследования, обработка и структурирование материала, написание и редактирование статьи — Тафеева Е.А.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы (пп. 6–8, 10–13, 15, 16, 18, 20, 22, 23, 25, 26, 30 см. References)

1. Толмачёв Д.А., Мухаметзянов Р.Р., Минниязова А.И. Влияние учебного процесса на состояние здоровья студентов I–III курсов медицинского вуза // Modern Science. 2019. № 11-4. С. 178–180.
2. Горбаткова Е.Ю. Гигиеническая оценка условий обучения (на примере высших учебных заведений Уфы) // Гигиена и санитария. 2020. Т. 99. № 4. С. 405–411.
3. Глазков О.В., Пензева С.О. Оценка влияния параметров микроклимата в помещении на здоровье человека // Информационные технологии, энергетика и экономика. Сборник трудов XVI Международной научно-технической конференции студентов и аспирантов в 3 т. Смоленск: Издательство: Универсум, 2019. Т. 3. С. 222–226.
4. Бекказинова Д.Б., Сыздыков Д.М., Токкожина А.Р. и др. Состояние микроклимата и освещения в учебных помещениях высших учебных заведений (на примере КазНМУ) // Вестник Казахского Национального медицинского университета. 2014. № 3-3. С. 121–125.
5. Гуляева С.С. Стратегические ориентиры здоровьесбережения нации // Наука и спорт: современные тенденции. 2018. Т. 18. № 1(18). С. 57–63.
9. Агафонова В.В. Оценка качества воздуха в помещении офисного здания // Водоснабжение и санитарная техника. 2019. № 3. С. 61–64.
14. Перцев А.Н., Каминская В.А., Лобанов Д.В. и др. Экспериментальное обоснование необходимости разработки вентиляционных систем в учебных аудиториях при реконструкции помещений // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. 2019. № 3(10). С. 58–67.
17. Пронина Т.Н., Карпович Н.В., Полянская Ю.Н. Уровень содержания углекислого газа в учебных помещениях и степень комфорта учащихся // Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья. 2015. № 3. С. 32–35.
19. Губернский Ю.Д., Калинина Н.В., Гапонова Е.Б. и др. Обоснование допустимого уровня содержания

- диоксида углерода в воздухе помещений жилых и общественных зданий // Гигиена и санитария. 2014. Т. 93. № 6. С. 37–41.
21. Мансуров Р.Ш., Гурин М.А., Рубель Е.В. Влияние концентрации углекислого газа на организм человека // Universum: технические науки. 2017. № 8 (41). С. 20–23.
 24. Семенова В.Н., Галузо Н.А., Крашенинина Г.И. и др. Гигиеническая оценка условий обучения в вузе // International scientific review. 2019. № 1(41). С. 36–38.
 27. Камиллова Р.Т., Мавлянова З.Ф., Абдусаматова Б.Э. Сравнительная санитарно-гигиеническая оценка условий обучения в разных типах образовательных учреждений // Медицина и экология. 2016. № 4 (81). С. 71–75.
 28. Полиевский С.А., Глиненко В.М., Бобкова Т.Е. и др. Реализация оздоровительного потенциала производственного контроля в учреждениях спортивно-физкультурного и рекреационного назначения на современном этапе // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2019. № 1. С. 145–151.
 29. Рымаров А.Г. Мониторинг параметров микроклимата и концентраций вредных примесей в помещениях здания // Приволжский научный журнал. 2014. № 1 (29). С. 61–63.
- ### References
1. Tolmachev DA, Muhametzyanov RR, Minniyarova AI. [The influence of the educational process on the health status of students of I–III courses of a medical university.] *Modern Science*. 2019; (11-4):178-180. (In Russian).
 2. Gorbatkova EJ. Hygienic assessment of learning environment conditions (by the example of higher educational institutions of the city of UFA). *Gigiena i Sanitariya*. 2020; 99(4):405-411. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-4-405-411>
 3. Glazkov OV, Penzeva SO. [Assessment of the influence of indoor microclimate parameters on human health.] In: *Information Technology, Energy and Economics: Proceedings of the 16th International Scientific and Technical Conference of Students and Postgraduates, Smolensk, 25-26 April 2019*. Smolensk: Universum Publ., 2019. Vol. 3. Pp. 222-226. (In Russian).
 4. Bekkazinova DB, Syzdykov DM, Tokkozhina AR, et al. The state of microclimate and illumination in the classrooms of the Universities (on the basis of example of KazNMU). *Vestnik KazNMU*. 2014; (3-3):121-125. (In Russian).
 5. Gulyaeva SS. Strategic guidelines for nation health maintenance. *Nauka i Sport: Sovremennye Tendentsii*. 2018; 18(1(18)):57-63.
 6. Elavsky S, Jandačková V, Knapová L, et al. Physical activity in an air-polluted environment: behavioral, psychological and neuroimaging protocol for a prospective cohort study (Healthy Aging in Industrial Environment study - Program 4). *BMC Public Health*. 2021; 21(1):126. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12889-021-10166-4>
 7. Erlandson G, Magzamen S, Carter E, et al. Characterization of indoor air quality on a college campus: a pilot study. *Int J Environ Res Public Health*. 2019; 16(15):2721. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph16152721>
 8. Cincinelli A, Martellini T. Indoor air quality and health. *Int J Environ Res Public Health*. 2017; 14(11):1286. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph14111286>
 9. Agafonova VV. Indoor air quality assessment in office buildings. *Vodosnabzhenie i Sanitarnaya Tekhnika*. 2019; (3):61-64.
 10. Batterman S. Review and extension of CO₂-based methods to determine ventilation rates with application to school classrooms. *Int J Environ Res Public Health*. 2017; 14(2):145. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph14020145>
 11. Cichowicz R, Sabiniak H, Wielgosiński G. The influence of a ventilation on the level of carbon dioxide in a classroom at a Higher University. *Ecol Chem and Eng S*. 2015; 22(1):61-71. DOI: <https://doi.org/10.1515/eces-2015-0003>
 12. Bonino S. Carbon dioxide detection and indoor air quality control. *Occup Health Saf*. 2016; 85(4):46-8.
 13. Marques G, Ferreira CR, Pitarm R. Indoor air quality assessment using a CO₂ monitoring system based on Internet of Things. *J Med Syst*. 2019; 43(3):67. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10916-019-1184-x>
 14. Pertsev AN, Kaminskaya VA, Lobanov DV, et al. Experimental justification of the need for development of ventilation systems in educational auditories for reconstruction of premises. *Zhishishchnoe Khozyaystvo i Kommunal'naya Infrastruktura*. 2019; (3(10)):58-67. (In Russian).
 15. Pasqua LA, Damasceno MV, Cruz R, et al. Exercising in air pollution: the cleanest versus dirtiest cities challenge. *Int J Environ Res Public Health*. 2018; 15(7):1502. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph15071502>
 16. An R, Zhang S, Ji M, et al. Impact of ambient air pollution on physical activity among adults: a systematic review and meta-analysis. *Perspect Public Health*. 2018; 138(2):111-121. DOI: <https://doi.org/10.1177/1757913917726567>
 17. Pronina TN, Karpovich NV, Polyanskaya YN. Carbon dioxide level in school premises and comfort assessment of children. *Voprosy Shkol'noy i Universitetskoy Meditsiny i Zdorov'ya*. 2015; (3):32-35. (In Russian).
 18. Robertson DS. Health effects of increase in concentration of carbon dioxide in the atmosphere. *Curr Sci*. 2006; 90(12):1607-1609.
 19. Gubernskiy YuD, Kalinina NV, Gaponova EB, et al. Rationale for the permissible level of carbon dioxide in indoor air in residential and public buildings with the permanent human presence. *Gigiena i Sanitariya*. 2014; 93(6):37-41. (In Russian).
 20. Pitarm R, Marques G, Ferreira BR. Monitoring indoor air quality for enhanced occupational health. *J Med Syst*. 2017; 41(2):23. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10916-016-0667-2>
 21. Mansurov RSh, Gurin MA, Rubel EV. The effect of carbon dioxide concentration on the human body. *Universum: Tekhnicheskie Nauki*. 2017; (8(41)):20-23. (In Russian).
 22. Lee MC, Mui KW, Wong LT, et al. Student learning performance and indoor environmental quality (IEQ) in air-conditioned university teaching rooms. *Build Environ*. 2012; 49:238-244. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.10.001>
 23. Fan G, Xie J, Liu J. Indoor air quality in a naturally ventilated research student office in Chinese universities during heating period. *Procedia Eng*. 2017; 205:1272-78. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.10.377>
 24. Semenova VN, Galuzo NA, Krasheninina GI, et al. Hygienic assessment of the conditions of study at the University. *International Scientific Review*. 2019; (1(41)):36-38. (In Russian).
 25. Andrade A, Dominski FH. Indoor air quality of environments used for physical exercise and sports practice: Systematic review. *J Environ Manage*. 2018; 206:577-586. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.11.001>
 26. Gaihare S, Semple S, Miller J, et al. Classroom carbon dioxide concentration, school attendance, and educational attainment. *J Sch Health*. 2014; 84(9):569-574. DOI: <https://doi.org/10.1111/josh.12183>
 27. Kamilova RT, Mavlyanova ZF, Abdusamatova BE. Comparative sanitary and hygienic assessment of the environment of schooling in different types of educational institutions. *Meditsina i Ekologiya*. 2016; (4(81)):71-75. (In Russian).
 28. Polievskiy SA, Glinenko VM, Bobkova TE, et al. The implementation of the wellness potential of production control in the institutions of sports and recreational purpose at the present stage. *Vestnik Novykh Meditsinskikh Tekhnologiy*. 2019; (1):145-151. (In Russian).
 29. Ryamarov AG. [Monitoring of microclimate parameters and concentrations of harmful impurities in the premises of the building.] *Privolzhskiy Nauchnyy Zhurnal*. 2014; (1(29)):61-63. (In Russian).
 30. Kapalo P, Mečiarová L, Vilčeková S, et al. Investigation of CO₂ production depending on physical activity of students. *Int J Environ Health Res*. 2019; 29(1):31-44. DOI: <https://doi.org/10.1080/09603123.2018.1506570>

© Чернова Г.В., Сидоров В.В., Сидоров П.В., Ширяева Л.В., 2021

УДК 613.16:57.044+539.1:582.263

Варьирование показателей физического развития новорождённых детей как проявление адаптивной самоорганизации их систем к изменяющимся условиям среды обитания

Г.В. Чернова¹, В.В. Сидоров¹, П.В. Сидоров¹, Л.В. Ширяева²

¹Научно-образовательный центр биофизических исследований ФГБОУ ВО «Калужский государственный университет имени К.Э. Циолковского» Минобрнауки России, ул. Степана Разина, д. 26, г. Калуга, 248023, Российская Федерация

²ГБУЗ Калужской области «Детская городская больница» Минздрава России, Вилонова ул., д. 27, г. Калуга 248023, Российская Федерация

Резюме: Введение. В настоящее время накоплены литературные данные об изменчивости антропометрических характеристик новорожденных в период их антенатального развития в условиях неблагоприятного влияния факторов среды обитания. Цель исследования состояла в изучении сопряженности между проявлением параметров физического развития новорожденных детей в разное время их антенатального развития и изменчивостью эколого-климатических условий среды обитания. Материалы и методы. Антропометрические измерения новорожденных проводились в родильном помещении сразу после их рождения, а затем оценивались по эколого-климатическим характеристикам дородового периода в разное время их антенатального развития. Результаты. В период антенатального развития плода выявлено влияние разнообразного типа эколого-климатических характеристик, в том числе радиационного фактора, оказавших воздействие на антропометрические характеристики новорожденных детей, обследованных нами. Наблюдалось количественное разнообразие признаков. Особенно «чувствительное» влияние комплекса ЭКХ происходило на уровне параметров массы тела. При этом фенотипический анализ позволил установить существенное влияние атмосферного давления на формирование массы тела. Эффекты радиационного воздействия в большей степени были сопряжены с проявлением воздействия и средовых (при суммарной радиации – в 57,3 % случаев, ультрафиолетовой – 67,8 %), и генетических факторов (соответственно в 42,7 % и 32,2 % случаев). Выводы. Выявленные генотип-средовые эффекты влияния ЭКХ свидетельствуют о необходимости продолжения лонгитудинальных наблюдений с применением цитогенетического анализа в процессе роста обследованных детей.

Ключевые слова: новорождённые дети, физическое развитие, изменчивость, эколого-климатические характеристики, генотип-средовые эффекты.

Для цитирования: Чернова Г.В., Сидоров В.В., Сидоров П.В., Ширяева Л.В. Варьирование показателей физического развития новорождённых детей как проявление адаптивной самоорганизации их систем к изменяющимся условиям среды обитания // Здоровье населения и среда обитания. 2021. № 2 (335). С. 28–34. DOI: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-335-2-28-34>

Информация об авторах:

✉ Сидоров Павел Владимирович – к.б.н., ст. н.с. Научно-образовательный центр биофизических исследований ФГБОУ ВО «Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского» Минобрнауки России; e-mail: Pavel.sidorov@fels.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7643-3596>.

Чернова Галина Васильевна – д.б.н., профессор, директор Научно-образовательного центра биофизических исследований ФГБОУ ВО «Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского» Минобрнауки России; e-mail: chernova.klg@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6961-2417>.

Сидоров Валентин Владимирович – аспирант кафедры общей биологии и безопасности жизнедеятельности Научно-образовательного центра биофизических исследований ФГБОУ ВО «Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского» Минобрнауки России; e-mail: sidorov.klg@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1512-4300>.

Ширяева Людмила Викторовна – к.м.н., врач высшей категории, зав. Научно-методическим отделом ГБУЗ Калужской области «Детская городская больница» Минздрава России; e-mail: schiryaeva@kdgb.org; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7987-5202>.

Variation of Indicators of Newborn Physical Development as a Manifestation of Adaptive Self-Organization of Their Systems to Changing Environmental Conditions

G.V. Chernova,¹ V.V. Sidorov,¹ P.V. Sidorov,¹ L.V. Shiryayeva²

¹Scientific and Educational Center for Biophysical Research, Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky of the Russian Ministry of Education and Science, 26 Stepan Razin Street, Kaluga, 248023, Russian Federation

²Children's City Hospital, State Budgetary Healthcare Institution of the Kaluga Region of the Russian Ministry Health, 27 Vilonov Street, Kaluga, 248023, Russian Federation

Summary. Introduction: Many published data on variability of anthropometric characteristics of newborns related to the influence of adverse environmental factors during their antenatal development have been accumulated by now. The purpose of our work was to study the relationship between certain parameters of antenatal physical development of newborns and varying environmental and climatic conditions. Materials and methods: Anthropometric measurements were taken in the delivery room immediately after birth and then assessed against environmental and climatic characteristics of the antenatal period. Results: We established the relationship between the exposure to different environmental and climatic factors, including radiation, during the antenatal period and anthropometric characteristics of the examined newborns. We observed a quantitative variety of signs and found that the body mass was most "sensitive" to the impact of adverse environmental factors. At the same time, the phenogenetic analysis helped establish a significant effect of atmospheric pressure on the body mass. The effects of radiation exposure were, to a greater extent, associated with the signs of influence of both environmental (including the total and ultraviolet radiation – in 57.3 % and 67.8 % of cases, respectively) and genetic factors (in 42.7 % and 32.2 % of cases, respectively). Conclusion: The established genotype-environment effects of exposures to changing environmental and climatic conditions prove the importance of continuing longitudinal observations of the examined infants using a cytogenetic analysis.

Keywords: newborn, physical development, variability, environmental and climatic conditions, genotype-environment effects.

For citation: Chernova GV, Sidorov VV, Sidorov PV, Shiryayeva LV. Variation of indicators of newborn physical development as a manifestation of adaptive self-organization of their systems to changing environmental conditions. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021; (2(335)):28–34. (In Russian) DOI: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-335-2-28-34>

Author information:

✉ Pavel V. Sidorov, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Scientific and Educational Center for Biophysical Research, Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky of the Russian Ministry of Education and Science; e-mail: Pavel.sidorov@fels.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7643-3596>.

Galina V. Chernova, D.Biol.Sc., Professor, Director, Scientific and Educational Center for Biophysical Research, Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky of the Russian Ministry of Education and Science; e-mail: chernova.klg@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6961-2417>.

Valentin V. Sidorov, Postgraduate, Department of General Biology and Life Safety, Scientific and Educational Center for Biophysical Research, Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky of the Russian Ministry of Education and Science; e-mail: sidorov.klg@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1512-4300>.

Lyudmila V. Shiryayeva, Candidate of Medical Sciences, Head of the Scientific and Methodological Department, Children's City Hospital, State Budgetary Healthcare Institution of the Kaluga Region of the Russian Ministry Health; e-mail: schiryayevalv@kdgb.org; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7987-5202>.

Введение. Из классических научных работ (1971–1999 гг.) К.В. Судакова, в том числе его труда «Теория функциональных систем»¹, следует, что с ранних стадий антенатального развития формирование человеческого организма и его функций сопряжено с процессами адаптивной самоорганизации. Это происходит при реализации генетической информации на уровне экспрессии генома оплодотворенной яйцеклетки. При этом начинают синтезироваться биологически активные вещества: информационные молекулы, в частности олигопептиды и белки. Они определяют рост и дифференцировку тканей, а также их объединение в органы.

Одновременно с этими процессами в соответствующих тканях образуются специфические рецепторы. Воздействие информационных молекул на эти рецепторы обуславливает необходимую интеграцию часто удаленных друг от друга органов и тканей. В результате совместной их деятельности осуществляются специальные функции органов, которые приводят к определенным приспособительным результатам. При этом на основе образующихся связей формируются специальные функциональные системы развивающегося организма, обеспечивающие оптимальный функциональный уровень компонентов его внутренней среды.

К заключительному (280-му) дню антенатального развития в основном сформированы специальные рецепторы внешней среды. Они ориентированы на восприятие различных внешних средовых воздействий и образование полезных приспособительных результатов у новорожденных детей.

Они достигаются в процессах активного взаимодействия с факторами внеутробной среды обитания и направлены на формирование ведущих биологических потребностей организма. Происходящие изменения сопровождаются сменой взаимоотношений между различными структурами развивающегося организма и закономерными непрерывными преобразованиями протекающих с их участием процессов. Особенности изменений, проявляемые на уровне физиологических и морфологических признаков, является основой периодизации индивидуального развития^{2,3,4,5}.

При этом выработанные в ходе эволюции механизмы адаптивных реакций для поддержания динамического баланса в организме могут подвергаться корректировке. Она происходит на уровне регуляторных процессов при изме-

няющихся соотношениях неблагоприятных факторов, которые могут влиять на развитие детей во внутриутробном периоде и при их рождении [1], отражая эффекты средовых воздействий [2–4], в том числе разных типов излучения. Одним из главных природных источников их колебаний является изменение солнечной активности [5, 6].

При обсуждении эффектов влияния факторов среды обитания на внутриутробно развивающийся организм важно было учитывать сведения о том, что, по данным статистики, в мире около 12 % детей появляются на свет с врожденными аномалиями развития (ВАР) [7, 8]. Их проявление занимает 2–3 место в структуре перинатальной смертности. Из-за ВАР и хромосомных аномалий прерывается более 4 тысяч беременностей [9, 10]. Увеличение цитогенетических изменений наблюдается вследствие повреждений молекулы ДНК при облучении организма в критические периоды раннего онтогенеза [11–13]. При этом регистрируется увеличение числа недоношенных и маловесных детей.

Цель данной работы состояла в изучении сопряженности между проявлением параметров физического развития новорожденных детей в разное время их антенатального развития и изменчивостью эколого-климатических условий среды обитания.

Материалы и методы исследования. Приведены результаты сравнительного анализа показателей физического развития детей начала их лонгитудинального наблюдения (оно продолжается и в настоящее время), рожденных в разные месяцы 2011/12 года). Их внутриутробное развитие проходило с августа 2010 г. по июль 2011 г. в начале 24 цикла СА в период происходящего «роста». Обследованные новорожденные дети составили 24 группы: 12 групп мальчиков и 12 групп девочек. Средняя статистически групповая численность мальчиков составила 91 ± 2 , девочек – 88 ± 1 . Ее репрезентативность определялась с учетом требований к объему выборочной совокупности:

Биометрический анализ полученных данных проводили с учетом требований к объему выборочной совокупности, который определяли по формуле:

$$n = (t \times \delta^2) / \Delta^2, \text{ где}$$

n – объем выборочной совокупности,

t – нормированное отклонение, с которым связан тот или иной уровень значимости,

¹ Судаков К.В. Теория функциональных систем / Под ред. Нувахова Б.Ш. М., 1996. 95 с.

² Безруких М.М., Сонькин В.Д., Фарбер Д.А. Возрастная физиология: Физиология развития ребенка. М.: Издательский центр «Академия», 2003. 416 с.

³ Сергеева К.М., Смирнова Н.Н., Суровцева А.П. Физиология и патология периода новорожденности. СПб: Изд-во СПб ГМУ, 2008. 22 с.

⁴ Смирнов В.М. Нормальная физиология / Под ред. В.М. Смирнова (3-е изд., перераб. и доп.). М.: Издательский центр «Академия», 2010. С. 480.

⁵ Солодков А.С., Сологуб Е.Б. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная. М.: Изд-во «Спорт», 2016. 624 с.

δ^2 — выборочная дисперсия,

$\Delta = tm$ — величина, определяющая границы доверительного интервала (m — ошибка репрезентативности выборочной средней).

Формирование групп здоровых новорожденных детей проводили с учетом результатов клинической оценки их состояния по шкале Апгар при рождении на первой и пятой минуте жизни. В совокупность группы отбирались дети, родители которых относились только к популяции европеоидной расы, проживали в сходных в социокультурном и бытовом контексте экологических условиях, чтобы в последующем можно было оценить влияние факторов среды обитания природного происхождения на развивающийся организм.

Особенности физического развития новорожденных детей выявлялись при измерении обязательного набора показателей для антропометрического скрининга — массы (МТ) и длины тела (ДТ), окружности грудной клетки (ОГК) и головы (ОГ) в родильном зале сразу после рождения в соответствии с рекомендациями Всемирной организации здравоохранения⁶.

При изучении изменчивости антропометрических признаков оценивались показатели среды обитания на уровне эколого-климатических характеристик атмосферы в 2010–2012 гг. [14–15]. При этом применялись современные методические подходы [13].

Основу количественной характеристики факторов среды обитания для каждой группы детей в зависимости от времени их рождения (месяцы календарного года) составили результаты метеорологических исследований атмосферы МГУ [10–12, 17].

Города Калуга и Москва представляют Центральный регион Российской Федерации, что позволило нам использовать результаты, полученные учеными МГУ, для составления

необходимых таблиц и последующего графического представления данных в зависимости от времени рождения развивающихся внутриутробно детей. В связи с этим приводим результаты изучения возможных отклонений в формировании физического статуса здоровых детей в процессе их антенатального развития при изменении условий среды обитания.

Статистическая оценка результатов исследования была направлена на получение показателей согласно теории репрезентативности: средних величин, раскрывающих тенденцию развития признаков; разнообразия, отражающего проявление их генетически обусловленной изменчивости; распределения объектов в зависимости от величины изучаемых признаков; t -распределения с учетом значений нормированного отклонения, которое было на уровне нормального типа; репрезентативности с оценкой достоверности при расчете критериев Стьюдента, χ^2 -квадрат, Фишера⁷. Наряду с использованием классических методов в их компьютерных вариантах, в том числе регрессионного (на уровне различий двух рядов регрессии) и корреляционного анализа, основывались на современных исследовательских технологиях [13, 14].

Результаты и обсуждение. Изменчивость эколого-климатических характеристик (ЭКХ) во все периоды антенатального развития детей приведены на рис. 1. Они суммарно характеризуют «дозу» влияния указанного фактора на детей, рожденных в каждый месяц календарного года.

Максимальная (max) суммарная величина температуры воздуха, сопровождавшая внутриутробное развитие детей, родившихся в январе и декабре, минимальная (min) — родившихся в июне, различались в 7,8 раза. Max атмосферного давления в мае и июне превышал min

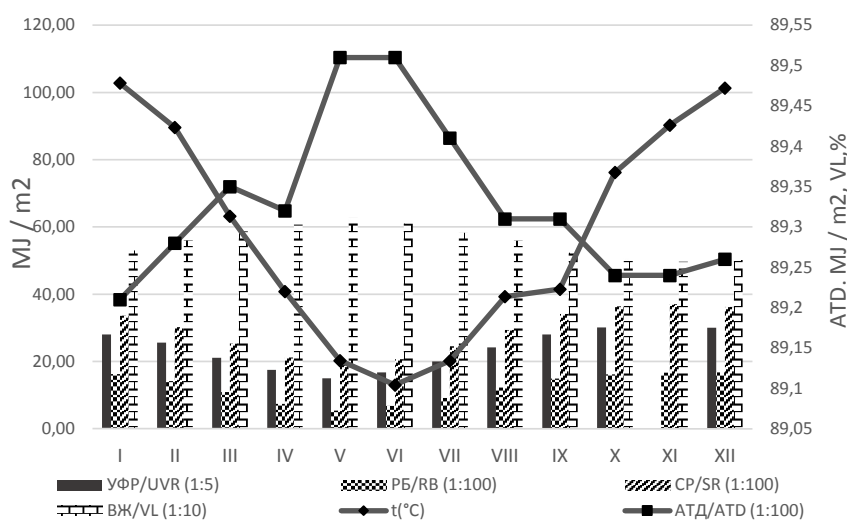


Рис. 1. Изменчивость эколого-климатических характеристик (ЭКХ) во все периоды антенатального развития детей

Fig. 1. Variability of environmental and climatic characteristics during all periods of the antenatal development of children

Примечание. На рис. 1–3 приведены ряды изменчивости эколого-климатических показателей (ЭКП): температуры воздуха (t , °C), атмосферного давления (АТД, МДж/м²), влажности воздуха (ВЖ, %), суммарной радиации СР, МДж/м², радиационного баланса РБ, МДж/м², ультрафиолетовой радиации 300–380 нм (УФР, МДж/м²).

Note. Figures 1–3 show the series of variability of environmental and climatic indicators: air temperature (t , °C), atmospheric pressure (ATD, MJ/m²), air humidity (VL, %), total radiation (SR, MJ/m²), radiation balance (RB, MJ/m²), ultraviolet radiation 300–380 nm (UVR, MJ/m²).

⁶ Нормы для оценки роста детей. [Электронный ресурс] режим доступа: <https://www.who.int/childgrowth/standards/ru/>

⁷ Петри А., Сэбин К. Наглядная медицинская статистика. М.: ГЭОТАРМедиа, 2015. С. 216.

его величины в октябре и ноябре на 30 гПа. Предельные значения влажности воздуха в мае и июне (тах) были на 110 % выше октябрьских и ноябрьских. Мах суммарной радиации с октября по декабрь был в 2 раза выше min в мае. Мах (в январе, октябре, декабре) радиационного баланса в 3 раза превышал min (в мае).

На рис. 1 показаны значения ЭКП, суммарно отражающие их величину в период всей продолжительности антенатального развития (АР). Например, суммарный показатель $t^{\circ}\text{C}$ воздуха по отношению к детям, рождённым в январе, составил наибольшую величину ($102,8^{\circ}\text{C}$). Их внутриутробное развитие проходило с апреля по декабрь. Символ (:) указывает, что суммарная величина большинства ЭКП уменьшена в определенное количество раз. Для получения фактического значения, соответственно, ее показатель необходимо увеличить в такое же число раз. Из результатов, представленных на рис. 1, следует, что наблюдалось проявление сезонной изменчивости всех ЭКП. Они количественно выражались в колебаниях ВЖ воздуха, суммарно составляющих по отношению к детям, рожденным в каждый месяц зимы, $531 \pm 20 \%$, весны — $607 \pm 14 \%$ ($p < 0,01$), лета — $584 \pm 17 \%$, осени — $508 \pm 9 \%$ ($p < 0,001$). При этом средняя t воздуха варьировала от $98 \pm 4^{\circ}\text{C}$ в зимние месяцы до $41 \pm 15^{\circ}\text{C}$ ($p < 0,001$) — в весенние. Внутриутробное развитие детей, рожденных летом, проходило при $24 \pm 9^{\circ}\text{C}$, осенью — при $69 \pm 17^{\circ}\text{C}$ ($p < 0,05$ по сравнению с весенним значением). Уровни АТД составляли: зимой — $892,5 \pm 0,3$ МДж/м²; весной — $893,9 \pm 0,7$ МДж/м² ($p < 0,05$); летом — $894,1 \pm 0,7$ МДж/м²; осенью — $892,6 \pm 0,3$ МДж/м² ($p < 0,05$).

При изучении влияния радиационного фона на развивающийся организм было обращено внимание на изменчивость СР — суммарной радиации, величина которой определяется [18] суммой рассеянной радиации (рассеянной атмосферой и облаками) и прямой радиации, которая не была рассеяна при прохождении лучей через атмосферу. Суммарное значение СР составляло зимой $3336,3 \pm 206,8$ МДж/м², весной — $2184,0 \pm 221,6$ МДж/м² ($p < 0,001$); летом — $2483,7 \pm 297,9$ МДж/м²; осенью — $3585,7 \pm 99,3$ МДж/м² ($p < 0,001$).

СР является «ключевой» частью РБ — радиационного баланса. Он представляет собой разность между приходом и расходом лучистой энергии, поглощаемой и излучаемой поверхностью Земли. Для зимнего анализируемого нами времени РБ был на уровне $1571,0 \pm 86,6$ МДж/м²; весеннего — $788,7 \pm 189,0$ МДж/м² ($p < 0,001$); летнего — $940,3 \pm 184,9$ МДж/м²; осеннего — $1593,0 \pm 58,9$ МДж/м² ($p < 0,001$). Межсезонные колебания УФР 300–380 нм выражались следующим образом: для зимы — $138,7 \pm 8,4$ МДж/м²; весны — $89,3 \pm 10,4$ МДж/м² ($p < 0,001$); лета — $101,6 \pm 12,7$ МДж/м, осени — $147,9 \pm 4,4$ МДж/м² ($p < 0,001$).

Варьирование всех типов ЭКП, определивших суммарную «дозу» их влияния в течение всего антенатального развития детей, рожденных в определенный месяц календарного года, отразилось на изменчивости параметров антропометрических признаков (АП) массы и длины тела (табл. 1). Данные рис. 1 и табл. 1 свидетельствуют о сопряженной зависимости

между величиной ЭКП и АП. Как показал регрессионный анализ, при сравнении рядов изменчивости двух признаков эта зависимость проявлялась в разном функциональном формате: на уровне прямой или обратной регрессионной зависимости или в ее отсутствии.

Для количественной оценки взаимосвязи между ЭКП и АП был проведен корреляционный анализ, результаты которого отражены в табл. 2. Они характеризуют значительную зависимость формирования массы тела от величины изменчивости воздействующего фактора среды обитания при положительной зависимости массы тела от температуры воздуха и ультрафиолетовой радиации, отрицательные (r) — при варьировании атмосферного давления и влажности воздуха. При этом наибольшие гендерные различия проявлялись при изменчивости радиационных показателей. Другим признаком, значимо зависящим от влияния факторов среды обитания, было формирование окружности грудной клетки.

В первые дни антенатального развития, на стадии бластогенеза и раннего эмбриогенеза, такие факторы среды природного происхождения, как $t^{\circ}\text{C}$ воздуха, АТД, оказывали отрицательное влияние на формирование массы тела, в дополнение к ним все типы радиации с гендерным эффектом — на формирование длины тела. Этот эффект проявляли $t^{\circ}\text{C}$ воздуха, РБ, УФР, влиявшие на формирование окружности грудной клетки.

В заключительном периоде антенатального развития (в течение 9-го месяца) и в первые часы жизни новорожденных детей проявлялось сопряженное изменение массы тела и всех эколого-климатических характеристик на уровне значимой для организма регрессионной зависимости (рис. 1, табл. 1). Статистически она выражалась в большей степени в виде высоких значений коэффициента корреляции. При этом важные для определения гармоничности физического развития признаки (длина тела и окружность грудной клетки не проявляли такой «чувствительности» к воздействию факторов среды обитания природного происхождения. Исключение составило варьирование длины тела (роста) мальчиков по отношению к изменчивости величины радиационного баланса.

Таким образом, на фоне сезонной изменчивости природных факторов среды обитания происходило развитие человека в течение всего антенатального периода; формирование морфологических структур, созревание тканей и органов, реализация их функциональной активности, самоорганизация систем адаптации и защиты от воздействующих факторов.

Выводы

1. В периоде антенатального развития обследованных нами новорожденных детей наблюдалось варьирование эколого-климатических характеристик (ЭКХ) среды обитания с особенностями их проявления. Эти особенности выразились в количественном разнообразии всех, в том числе предельных, значений ЭКХ.

2. С учетом предельных суммарных значений ЭКХ происходила коррекция реализации эволюционно и генетически закрепленных контролирующих механизмов развития организма. Особенно «чувствительное» влияние

Таблица 1. Межгрупповая изменчивость показателей физического развития новорожденных мальчиков (♂) и девочек (♀) в зависимости от времени рождения (месяцы года)

Table 1. Intergroup differences in measurements of physical development of newborn boys (♂) and girls (♀) by the month of birth

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	XI	X	XI	XII
MT (♂)	(**)	(**)	(*)			(**)	(**)(***)	*				(***)
BM (♂)	3,682 ± 0,048	3,587 ± 0,051	3,550 ± 0,081	3,457 ± 0,078	3,464 ± 0,088	3,349 ± 0,068	3,321 ± 0,073	3,620 ± 0,094	3,577 ± 0,063	3,600 ± 0,080	3,495 ± 0,057	3,617 ± 0,037
MT (♀)		(**)				(**)					(*)	
BM (♀)	3,363 ± 0,073	3,515 ± 0,061	3,418 ± 0,085	3,460 ± 0,060	3,374 ± 0,051	3,272 ± 0,077	3,400 ± 0,076	3,421 ± 0,070	3,420 ± 0,059	3,481 ± 0,087	3,508 ± 0,088	3,415 ± 0,052
ДТ (♂)	(***)	***(*)	(**)	(*)			(***)	(***)				(*)
BL (♂)	0,540 ± 0,002	0,530 ± 0,002	0,530 ± 0,004	0,530 ± 0,003	0,530 ± 0,004	0,530 ± 0,004	0,520 ± 0,004	0,540 ± 0,004	0,530 ± 0,004	0,530 ± 0,004	0,530 ± 0,004	0,530 ± 0,002
ДТ (♀)		***	*	*	**		(**)	*	*			(**)
BL (♀)	0,520 ± 0,003	0,530 ± 0,003	0,520 ± 0,004	0,530 ± 0,003	0,520 ± 0,002	0,520 ± 0,005	0,520 ± 0,002	0,530 ± 0,004	0,520 ± 0,003	0,520 ± 0,004	0,520 ± 0,004	0,520 ± 0,002
ОГК(♂)		***						**	***	**	***	***
CC (♂)	0,350 ± 0,002	0,340 ± 0,001	0,340 ± 0,002	0,340 ± 0,002	0,340 ± 0,002	0,340 ± 0,003	0,340 ± 0,003	0,350 ± 0,001	0,340 ± 0,002	0,350 ± 0,002	0,340 ± 0,001	0,350 ± 0,001
ОГК(♀)						(***)*	**				*(***)	**
CC (♀)	0,340 ± 0,002	0,340 ± 0,003	0,340 ± 0,001	0,340 ± 0,002	0,340 ± 0,002	0,330 ± 0,002	0,340 ± 0,002	0,340 ± 0,002	0,340 ± 0,003	0,340 ± 0,002	0,350 ± 0,003	0,340 ± 0,001
ОГК/ДТ (♂)												
CC/BL (♂)	0,643 ± 0,004	0,648 ± 0,004	0,644 ± 0,004	0,651 ± 0,009	0,645 ± 0,006	0,652 ± 0,009	0,655 ± 0,011	0,646 ± 0,006	0,648 ± 0,008	0,648 ± 0,011	0,653 ± 0,006	0,650 ± 0,006
ОГК/ДТ (♀)								(***)		(***)		
CC/BL (♀)	0,653 ± 0,007	0,650 ± 0,006	0,650 ± 0,002	0,652 ± 0,006	0,644 ± 0,009	0,659 ± 0,006	0,654 ± 0,010	0,639 ± 0,006	0,647 ± 0,015	0,677 ± 0,005	0,656 ± 0,005	0,654 ± 0,005

Примечание: Символы антропометрических признаков: МТ (масса тела), ДТ (длина тела), ОГК (окружность грудной клетки), ОГК/ДТ (индекс – отношение ОГК к ДТ). Достоверность показана на уровне последовательного сравнения групп (без скобок), с общей средней величиной (в скобках), межгрупповых различий (двойных скобок) при $p < 0.05$ – *, $p < 0.01$ – **, 0.001 – ***.

Note: Statistical significance is demonstrated at the level of sequential comparison of groups (without brackets), with the total average value (in brackets), intergroup differences (in double brackets) at $p < 0.05$ – *, $p < 0.01$ – **, and 0.001 – ***.

Abbreviations: BM, body mass; BL, body length; CC, chest circumference.

Таблица 2. Количественная характеристика взаимосвязи между варьированием параметров физического развития новорожденных мальчиков (♂) и девочек (♀) и изменчивостью эколого-климатических показателей (ЭКП) в течение всего периода антенатального развития – АР (1), его первых 30 дней (2) и последних 30 дней (3)

Table 2. Quantitative characteristics of the relationship between the variation of physical development measurements in newborn boys (♂) and girls (♀) and variability of environmental and climatic indices during the entire period of antenatal development – AD (1), its first (2) and last 30 days (3)

	Антропометрические признаки / Anthropometric measurements	Эколого-климатические показатели в течение всего АР / Environmental and climatic conditions throughout AD											
		t, °C		АТД / AP		ВЖ / RH		СР / TR		РБ / RB		УФР / UVR	
		♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
1	MT / BM	0,74	0,52	–0,63	–0,50	–0,58	–0,47	0,46	0,25	0,49	0,26	0,40	0,51
	ДТ / BL	0,34	НП / NF	НП / NF	НП / NF	НП / NF	0,25	0,25	–0,20	0,30	НП / NF	НП / NF	0,20
	ОГК / CC	0,46	0,49	НП / NF	0,20	НП / NF	0,53	0,52	0,53	0,52	0,51	0,52	0,52
2		Эколого-климатические показатели в начале АР / Environmental and climatic conditions at the beginning of AD											
	MT / BM	–0,24	–0,26	–0,82	–0,20	–0,22	НП / NF	НП / NF	НП / NF	НП / NF	НП / NF	НП / NF	НП / NF
	ДТ / BL	НП / NF	0,37	–0,24	–0,30	НП / NF	НП / NF	НП / NF	0,30	НП / NF	0,40	НП / NF	0,32
	ОГК / CC	–0,38	–0,41	НП / NF	НП / NF	НП / NF	НП / NF	НП / NF	НП / NF	–0,59	НП	–0,32	–0,20
3		Эколого-климатические показатели в последние месяцы АР (перед рождением) / Environmental and climatic conditions in the last month of AD (before birth)											
	MT / BM	–0,67	0,46	–0,71	0,20	0,92	0,43	–0,59	–0,31	–0,59	–0,31	–0,77	–0,54
	ДТ / BL	–0,26	НП / NF	НП / NF	0,20	0,20	НП / NF	–0,35	НП / NF	0,73	НП / NF	–0,28	НП / NF
	ОГК / CC	НП / NF	–0,43	НП / NF	НП / NF	0,38	0,42	–0,37	НП / NF	–0,23	0,20	–0,37	–0,54

Примечание: Цифровые значения коэффициента корреляции r отражают уровень взаимосвязи между признаками. Приведены только достоверные значения r . НП – сопряжённость между признаками не проявилась.

Note: Values of the correlation coefficient r reflect the level of the relationship. Only significant r values are presented.

Abbreviations: BM, body mass; BL, body length; CC, chest circumference; AP, atmospheric pressure; RH, relative humidity; TR, total radiation; RB, radiation balance; UVR, ultraviolet radiation; NF, no relationship found.

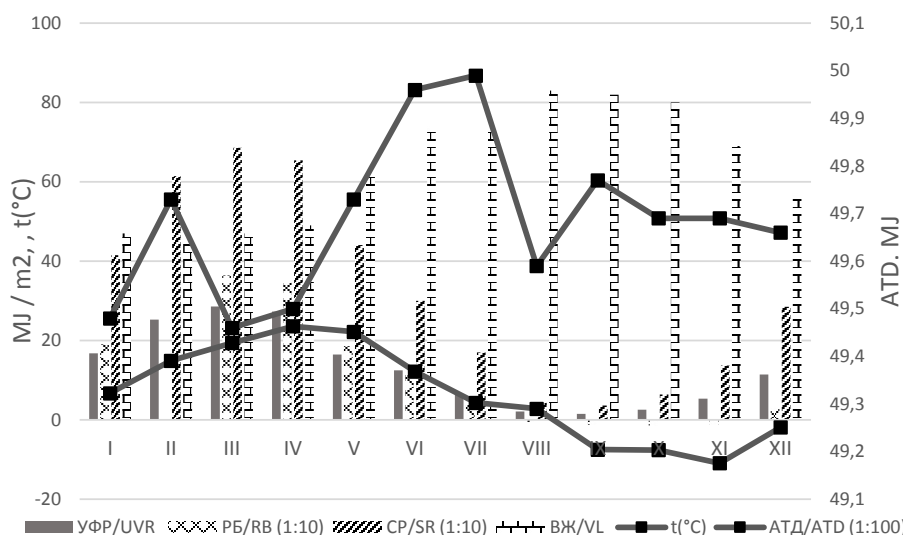


Рис. 2. Значения эколого-климатических показателей, характеризующих состояние атмосферы в начале антенатального периода: бластогенеза (с момента оплодотворения до 15 дня и первых 15 дней эмбриогенеза)
Fig. 2. Environmental and climate conditions at the beginning of antenatal period: blastogenesis (from the moment of fertilization to the fifteenth day and the first 15 days of embryogenesis)

Abbreviations: UVR, ultraviolet radiation; RB, radiation balance; SR, total radiation; VL, relative humidity; ATD, atmospheric pressure.

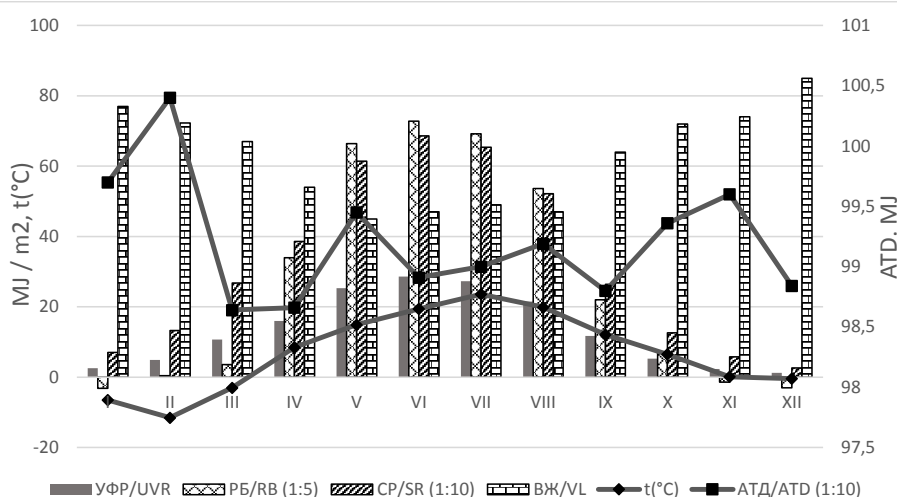


Рис. 3. Значения эколого-климатических показателей, отражающих состояние атмосферы в заключительные дни антенатального развития и первые часы после рождения
 Остальные обозначения представлены в примечании рис. 1

Fig. 3. Environmental and climate indices in the last days of the antenatal development and first hours of life.
 See notes to Fig. 1 for the legend

этого сложного комплекса воздействующих факторов происходило на уровне формирования такого антропометрического параметра, как масса тела. Этот признак включает множество активных клеток и, соответственно, всю активную клеточную массу, определяющую контроль и функционирование тканей, органов, систем и развитие всего организма, в том числе формирование его адаптационной системы. Новорожденные дети, антенатальное развитие которых проходило в разные месяцы при не одинаковом влиянии факторов среды обитания, проявляли различия по всем антропометрическим признакам.

3. Проведенный нами феногенетический анализ в соответствии с концепцией наследования количественных признаков показал, что воздействие разных эколого-климатических факторов реализуется в контексте генотип-средовых эффектов. Например, изменение массы

тела в случае влияния атмосферного давления определялось в основном влиянием этого фактора. Эффекты радиационных воздействий были сопряжены с влиянием других ЭКХ (в 53,26 % случаев при изменении уровня суммарной радиации и 67,79 % — ультрафиолетовой). Учитывая актуальные научные сведения о влиянии малых доз радиации, в том числе о том, что они могут вызывать повреждения ДНК различного характера (абберации хромосомного и хроматидного типа), необходимо продолжать лонгитудинальные наблюдения с применением цитогенетического анализа у обследованных нами детей.

4. Индекс отношения окружности грудной клетки к длине тела в изученных группах новорожденных детей статистически не различался.

Информация о вкладе авторов: Чернова Г.В. — научное обоснование, научное обеспечение всех этапов исследований с использованием современ-

ных технологий и научно-методического анализа их результатов; Сидоров В.В. — анализ изменчивости эколого-климатических характеристик атмосферы в различные периоды антенатального развития новорожденных детей; Сидоров П.В. — методология и методика биометрического анализа данных в связи реализацией цели исследования; Шириева Л.В. — организационно-методическое обеспечение исследований при современном подходе к условиям соблюдения биомедицинской этики.

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. 11–13 см. References)

1. Иванов Д.О., Петренко Ю.В., Федосеева Т.А. Анализ историй болезней детей, находившихся на лечении в отделении патологии новорожденных // Вестник современной клинической медицины. 2013. Т. 6, № 6. С. 29–35.
2. Антонова И.А., Богачева Е.В., Китаева Ю.Ю. Роль экзогенных факторов в формировании врожденных пороков развития // Экология человека. 2010. № 6. С. 30–35.
3. Устинова О.Ю., Пермьяков И.А. Влияние факторов среды обитания на формирование аномалий развития у детей, проживающих в зоне воздействия предприятий нефтеперерабатывающего комплекса // Вестник Пермского университета. 2012. № 1. С. 64–67.
4. Белова В.Н., Марков Д.С. Влияние атмосферного давления на организм человека // Успехи современного естествознания. 2013. № 8. С. 72.
5. Бруевич Е.А., Якунина Г.В. Циклическая активность Солнца по наблюдениям индексов на разных временных шкалах // Вестник Московского Университета. Серия 3: Физика. Астрономия. 2015. № 4. С. 66–74.
6. Коротаев А.В., Билуга С.Э., Малков С.Ю. и др. О солнечной активности как важном факторе социально-политической дестабилизации // История и современность. 2016. № 2(24). С. 180–209.
7. Абдулнагимов И.Г., Сулейманов Р.А. Здоровье детского населения, проживающего в районе размещения Башкирского биохимкомбината в постэксплуатационном его периоде // Экология человека, 2008. № 2. С. 17–21.
8. Верзилина И.Н., Агарков Н.М., Чурносоев М.И. Распространенность и структура врожденных аномалий развития у новорожденных детей г. Белгорода Педиатрия, 2009. Т. 87. № 2. С. 151–154.
9. Антонов О.В. Оценка риска для здоровья человека как путь к снижению врожденной и наследственной патологии // Гигиена и санитария. 2006. № 3. С. 4–6.
10. Антонов О.В. Проблемы изучения экологической ситуации как фактора риска дисэмбриогенеза // Экология человека, 2007. № 8. С. 24–26.
14. Беликов И.Б., Горбаренко Е.В., Еремина И.Д. и др. Эколого-климатические характеристики атмосферы в 2010 г. по данным метеорологической обсерватории МГУ / Под ред. Н.Е. Чубаровой М.: МАКС Пресс. 2011. 180 с.
15. Беликов И.Б., Горбаренко Е.В., Елохов А.С. и др. Эколого-климатические характеристики атмосферы в 2011 г. по данным метеорологической обсерватории МГУ / Под ред. Н.Е. Чубаровой М.: МАКС Пресс, 2012. 230 с.
16. Беликов И.Б., Горбаренко Е.В., Еремина И.Д. и др. Эколого-климатические характеристики атмосферы в 2012 г. по данным метеорологической обсерватории МГУ / Под ред. Н.Е. Чубаровой М.: МАКС Пресс, 2013. 207 с.
17. Доброхотов А.В. Определение пространственного распределения суммарной радиации в зависимости от типов и количества облачности с использованием спутниковых данных фактора мутности Линке и цифровой модели рельефа // Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). 2018. Т. 23. № 4. С. 33–45.

References

1. Ivanov DO, Petrenko YuV, Fedoseeva TA. Analysis of case histories of children receiving treatment at the department of pathology of the newborn. *Vestnik Sovremennoy Klinicheskoy Meditsiny*. 2013; 6(6):29–35. (In Russian).
2. Antonova IV, Bogacheva EV, Kitayeva YuYu. Role of exogenous factors in malformations formini. *Ekologiya Cheloveka [Human Ecology]*. 2010; (6):30–35. (In Russian).
3. Ustinova OYu, Permyakov IA. Impact of habitat factors on congenital abnormality of development in children residing in areas of influence oil-processing complex. *Vestnik Permskogo Universiteta*. 2012; (1):64–67. (In Russian).
4. Belova VN, Markov DS. [The influence of atmospheric pressure on the human body.] *Uspekhi Sovremennogo Estestvoznaniya*. 2013; (8):72. (In Russian).
5. Bruevich EA, Yakunina GV. The cyclic activity of the Sun from observations of the activity indices at different time scales. *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seriya 3: Fizika. Astronomiya*. 2015; (4):66–74. (In Russian).
6. Korotaev AV, Bilyuga SE, Malkov SYu, et al. [About solar activity as a possible factor of socio-political destabilization.] *Istoriya i Sovremennost'*. 2016; (2(24)):180–209. (In Russian).
7. Abdunagimov IG, Sulejmanov RA. Children's population health living in area of the Bashkir biochemical industry after his closing. *Ekologiya Cheloveka [Human Ecology]*. 2008; (2):17–21. (In Russian).
8. Verziлина IN, Agarkov NM, Churnosov MI. [Prevalence and structure of congenital developmental anomalies in newborns in Belgorod.] *Pediatrics*. 2009; 87(2):151–154. (In Russian).
9. Antonov OV. Assessment of a risk to health as a way of reducing congenital and hereditary pathology in children. *Gigiena i Sanitariya*. 2006; (3):4–6. (In Russian).
10. Antonov OV. Research problems in ecological situation as disembiogenesis risk factors. *Ekologiya Cheloveka [Human Ecology]*. 2007; (8):24–26. (In Russian).
11. Lindberg HK, Wang X, Jarventaus H, et al. Origin of nuclear buds and micronuclei in normal and folate-deprived human lymphocytes. *Mutat Res*. 2007; 617(1-2):33–45. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mrfmmm.2006.12.002>
12. Okamura M, Watanabe T, Kashida Y, et al. Possible mechanisms underlying the testicular toxicity of oxfendazole in rats. *Toxicol Pathol*. 2004; 32(1):1–8. DOI: <https://doi.org/10.1080/01926230490260655>
13. Vrijheid M, Martines D, Manzanares S, et al. Ambient air pollution and risk of congenital anomalies: a systematic review and meta-analysis. *Environ Health Perspect*. 2011; 119(5):598–606. DOI: <https://doi.org/10.1289/ehp.1002946>
14. Belikov IB, Gorbarenko EV, Eremina ID, et al. [Environmental and climate characteristics of the atmosphere in 2010 according to the measurements of the Meteorological Observatory of Moscow State University.] Chubarova NE, editor. Moscow: MAX Press Publ., 2011. 180 p. (In Russian).
15. Belikov IB, Gorbarenko EV, Elovkhov AS, et al. [Environmental and climate characteristics of the atmosphere in 2011 according to the measurements of the Meteorological Observatory of Moscow State University.] Chubarova NE, editor. Moscow: MAX Press Publ., 2012. 230 p. (In Russian).
16. Belikov IB, Gorbarenko EV, Eremina ID, et al. [Environmental and climate characteristics of the atmosphere in 2012 according to the measurements of the Meteorological Observatory of Moscow State University.] Chubarova NE, editor. Moscow: MAX Press Publ., 2013. 207 p. (In Russian).
17. Dobrokhotov AV. Estimation of the global radiation spatial distribution depending on forms and amount of clouds with the satellite data of Linke turbidity coefficient and digital elevation model. *Vestnik SGUGIT*. 2018; 23(4):33–45. (In Russian).

© Васильев В.В., Рябинина Т.В., Перекусихин М.В., Васильев Е.В., 2021

УДК 613.956

Обеспечение населения региона качественной питьевой водой в рамках реализации проекта «Чистая вода» в Пензенской областиВ.В. Васильев^{1,2}, Т.В. Рябинина³, М.В. Перекусихин^{1,4}, Е.В. Васильев³¹ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»,
ул. Красная, д. 40, г. Пенза, 440026, Российская Федерация²Пензенский институт усовершенствования врачей филиал ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава
России, ул. Стасова, д. 8А, г. Пенза, 440060, Российская Федерация³ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Пензенской области»,
ул. Маршала Крылова, д. 3, г. Пенза, 440026, Российская Федерация⁴Управление Роспотребнадзора по Пензенской области,
ул. Лермонтова, д. 38, г. Пенза, 440026, Российская Федерация

Резюме: *Введение.* Питьевая вода централизованных систем питьевого водоснабжения не всегда является безопасной по причине природного загрязнения различными химическими соединениями и микробиологического загрязнения в распределительной сети. В связи с этим возрастает роль службы, осуществляющей государственный надзор за качеством питьевой воды. *Цель исследования* – оценить качество питьевой воды и связанный с ним риск здоровью, обосновать первоочередные меры по улучшению качества воды в системах централизованного водоснабжения региона. *Материалы и методы.* Объектом исследования являлись результаты изучения питьевой воды, полученные в ходе осуществления государственного санитарно-эпидемиологического надзора, при проведении социально-гигиенического мониторинга, и показатели заболеваемости населения в 27 районах Пензенской области и областном центре за 2014–2019 гг. Риск здоровью от перорального поступления химических веществ с питьевой водой оценивали в соответствии с Руководством Р 2.1.10.1920–04. Статистическую связь изучали корреляционным методом. *Результаты исследования.* На территории Пензенской области качество воды в системах централизованного водоснабжения при использовании подземных источников определяется химическим составом эксплуатируемых водоносных горизонтов, с учетом которых территория области распределена на четыре зоны. Наиболее неблагоприятной является четвертая зона, где в питьевой воде распределительной сети содержание железа, фторидов и бора природного происхождения многократно превышает ПДК, а коэффициент опасности по фторидам оказался выше допустимого значения (H_Q = 2,845 – для детей, H_Q = 1,219 – для взрослых). В третьей зоне основной вклад в развитие риска заболеваний слизистых и кожи (H_I = 0,296), иммунной системы (H_I = 0,311), кроветворной системы (H = 0,473) у детей вносит железо, между среднегодовой концентрацией которого и заболеваемостью детей болезнями мочеполовой системы, гастритами и дуоденитами имеется сильная корреляционная связь. Хотя доля населения, обеспеченного доброкачественной питьевой водой из систем централизованного водоснабжения, увеличилась с 86,5 % в 2014 г. до 89,4 % в 2019 г., целевой показатель, предусмотренный региональным проектом «Чистая вода» на 2019 год, не достигнут. *Заключение.* Результаты проведенного исследования учтены при внесении в 2020 году дополнений в региональный проект «Чистая вода», в соответствии с которым для обеспечения населения качественной питьевой водой предусматривается строительство станций обезжелезивания и бурение новых скважин с низким содержанием фтора.

Ключевые слова: питьевая вода из систем централизованного водоснабжения, надзор за качеством воды.

Для цитирования: Васильев В.В., Т.В. Рябинина, М.В. Перекусихин, Е.В. Васильев. Обеспечение населения региона качественной питьевой водой в рамках реализации проекта «Чистая вода» в Пензенской области // Здоровье населения и среда обитания. 2021. № 2 (335). С. 35–42. DOI: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-335-2-35-42>

Информация об авторах:

✉ **Васильев** Валерий Валентинович – д.м.н., профессор кафедры «Гигиена, общественное здоровье и здравоохранение» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»; e-mail: vvv1755@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7045-2489>.

Рябинина Тамара Владимировна – к.м.н., главный врач ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Пензенской области»; e-mail: gigiena@cge58.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5997-4502>.

Перекусихин Михаил Владимирович – к.м.н., руководитель Управление Роспотребнадзора по Пензенской области; e-mail: sanepid@sura.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7407-9493>.

Васильев Евгений Валериевич – врач по общей гигиене ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Пензенской области»; e-mail: vasilev-ev87@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2699-8692>.

Provision of Safe Drinking Water to the Local Population within the Clean Water Project Implemented in the Penza RegionV.V. Vasilyev,^{1,2} T.V. Ryabinina,³ M.V. Perekusihin,^{1,4} E.V. Vasilev³¹Penza State University, 40 Krasnaya Street, Penza, 440026, Russian Federationⁿ²Penza Institute for Advanced Medical Training, Branch of the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education of the Russian Ministry of Health, 8A Stasov Street, Penza, 440060, Russian Federation³Center for Hygiene and Epidemiology in the Penza Region, 3 Marshal Krylov Street, Penza, 440026, Russian Federation⁴Rospotrebnadzor Office in the Penza Region, 38 Lermontov Street, Penza, 440026, Russian Federation

Summary. *Introduction:* Drinking water from centralized drinking water supply systems is not always safe due to its natural pollution with various chemicals and microbiological contamination occurring in the distribution system. In this regard, the role of the service exercising governmental water quality surveillance is growing. The *purpose* of the study was to assess the quality of drinking water and the associated health risk and to substantiate priority measures aimed at improving the quality of water in the centralized water supply systems of the region. *Materials and methods:* We examined the results of drinking water quality testing performed within the implementation of sanitary and epidemiological surveillance and socio-hygienic monitoring and incidence rates in morbidity of population in 27 districts of the Penza Region and the regional center for the years 2014–2019. Health risks from oral exposures to waterborne chemicals were assessed in accordance with Guidelines R 2.1.10.1920–04. The statistical relationship was studied by the correlation method. *Results:* We established that water quality in the centralized water supply systems fed by underground sources is determined by the chemical composition of the exploited aquifers that divide the territory of the Penza Region into four zones. The worst water quality was observed in the fourth zone where concentrations of natural iron, fluorides and boron in tap water were many times higher than their maximum permissible levels and the hazard quotient for fluorides exceeded the limit value (H_Q = 2.845 for children and 1.219 for adults). In the third zone, iron posed the highest risks of diseases of mucosa and skin (H_I = 0.296), the immune system (H_I = 0.311), and hematopoietic system (H = 0.473) in children; we also established a strong correlation between the average annual

concentration of iron in tap water and the incidence of genitourinary disorders, gastritis and duodenitis in the child population. Although the share of the population supplied with safe drinking water from centralized water supply systems increased from 86.5 % in 2014 to 89.4 % in 2019, the target set within the Regional Clean Water Project for 2019 was not achieved. *Conclusion:* The study results were taken into account when making additions to the Regional Clean Water Project in 2020 envisaging construction of iron removal plants and water well drilling in areas with low fluorine levels.

Keywords: drinking water from centralized water supply systems, water quality surveillance.

For citation: Vasilyev VV, Ryabinina TV, Perekusihin MV, Vasilev EV. Provision of safe drinking water to the local population within the Clean Water Project implemented in the Penza Region. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021; (2(335)):35–42. (In Russian) DOI: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-335-2-35-42>

Author information:

✉ Valery V. Vasilyev, D.M.Sc., Professor, Department for Hygiene, Public Health and Health Care, Penza State University; e-mail: vv1755@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7045-2489>.

Tamara V. Ryabinina, Candidate of Medical Sciences, Head Doctor, Center for Hygiene and Epidemiology in the Penza Region; e-mail: gigiena@cge58.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5997-4502>.

Mikhail V. Perekusihin, Chief, Office of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Welfare (Rospotrebnadzor) in the Penza Region; e-mail: sanepid@sura.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7407-9493>.

Evgeny V. Vasilev, hygienist, Center for Hygiene and Epidemiology in the Penza Region; e-mail: vasilev-ev87@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2699-8692>.

Введение. Адекватное водоснабжение, а именно доступность качественной и безопасной питьевой воды во всех регионах мира вне зависимости от различий в уровне доходов между странами, считается важнейшей задачей, от решения которой напрямую зависят состояние здоровья, качество жизни населения и демографические показатели [1–4]. Недостаточное потребление воды ухудшает когнитивные функции [5]. Чаще всего питьевая вода не соответствует требованиям нормативов по минеральному составу и содержанию железа, марганца и фторидов [6–9], что в большинстве случаев обусловлено природными особенностями их распространения в подземных водах. С избыточным присутствием железа в питьевой воде могут быть связаны повышенная сухость кожи, увеличение риска сердечных заболеваний, мочекаменной и желчекаменной болезни, аллергических проявлений [10]. Кроме того, питьевая вода с высокой концентрацией железа имеет неприятные органолептические показатели по вкусу и цвету, вызывает эксплуатационные проблемы [11]. В повышенных концентрациях марганец оказывает негативное воздействие на нервную систему [12], а фтор приводит к флюорозу зубов и деформирующему остеоартрозу [13], нарушениям нервно-психического развития [14]. Негативное влияние на состояние подземных и поверхностных вод может оказывать антропогенное воздействие, в результате которого возникает превышение в питьевой воде содержания ряда химических веществ, в том числе нитратов [15], а также происходит микробиологическое загрязнение [16–18]. Обеззараживание питьевой воды хлором приводит к образованию в ней более 600 потенциально вредных побочных продуктов дезинфекции [19], многие из которых обладают цитотоксичными, генотоксичными, канцерогенными и мутагенными эффектами. Потребление питьевой воды, содержащей побочные продукты дезинфекции в значительных концентрациях, может привести к осложнениям со стороны

печени, почек, центральной нервной системы, увеличению риска рака [20–22].

Опубликованные Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) данные свидетельствуют о том, что в 2017 году 29 % населения земного шара, то есть 2,2 миллиарда человек, не были обеспечены безопасным и доступным питьевым водоснабжением¹. По оценкам ВОЗ, на диарею, возникающую вследствие микробиологического загрязнения питьевой воды, приходится ежегодно не менее 3,5 % суммарного глобального бремени болезней, от нее же ежегодно умирают 829 000 человек². В мире до 3,1 % случаев смерти происходит из-за некачественной и небезопасной в эпидемиологическом отношении питьевой воды [23]. С целью защиты здоровья населения ВОЗ рекомендует странам разрабатывать и внедрять планы обеспечения безопасности воды, начиная от водосбора до потребителя [24]. Каждый доллар, вложенный в водоснабжение и санитарию, приносит доход в 4,3 доллара [25]. Для обеспечения качества и безопасности питьевой воды, наряду с инвестициями, необходим независимый санитарный и эпидемиологический надзор за питьевой водой, а также оценка риска здоровью [26, 27].

В 2019 году в Российской Федерации качественной водой из систем централизованного водоснабжения (СЦВ) было обеспечено 85,5 % населения (от 7,4 до 99,4 % в регионах)³, что свидетельствует об актуальности этой проблемы как на государственном, так и региональном уровне. Федеральным проектом «Чистая вода»⁴, реализуемым в стране с октября 2018 года, предусмотрено повышение качества питьевой воды за счет технического перевооружения процесса водоподготовки и систем водоснабжения, а также увеличение к концу 2024 года доли населения, обеспеченного качественной водой из СЦВ, до 90,8 %, в городах — до 99 %. Для успешной реализации проекта потребуются повышение эффективности надзора в каждом регионе страны, сопровождающегося

¹ Доклад ВОЗ/ЮНИСЕФ по доступу к воде и санитарии [Электронный ресурс] // Всемирная организация здравоохранения. Доступно по: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water> (дата обращения: 20.08.2020).

² Информационный бюллетень: питьевая вода [Электронный ресурс] // Всемирная организация здравоохранения. Доступно по: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water> (дата обращения: 20.08.2020).

³ О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2019 году: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2020. 299 с. [Электронный ресурс] Доступно по: https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=14933 (дата обращения: 21.08.2020).

⁴ Паспорт федерального проекта «Чистая вода» [Электронный ресурс] // Минстрой России. Доступно по: <https://minstroyrf.gov.ru/docs/17692/> (дата обращения: 02.08.2020).

анализом и управлением рисками, связанными с питьевой водой.

Все вышесказанное обусловило **цель исследования** — оценить качество питьевой воды и связанный с ним риск здоровью, обосновать первоочередные меры по улучшению качества воды в системах централизованного водоснабжения региона.

Материалы и методы. Объектами исследования являлись системы централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Пензы и Пензенской области. Для анализа состояния качества питьевой воды в системах ЦПВ использованы данные формы № 18 «Сведения о санитарном состоянии субъекта Российской Федерации» за 2014–2019 гг.⁵, результаты исследований питьевой воды при осуществлении государственного санитарно-эпидемиологического надзора и проведении социально-гигиенического мониторинга, выполненных в 2014–2019 гг. лабораторией ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Пензенской области». В питьевой воде определялись 20 химических веществ различных классов опасности (алюминий, аммиак, бор, железо, кадмий, марганец, медь, молибден, нитраты, нитриты, ртуть, свинец, хлориды, фтор, хлориды, хром (6-валентный), цианиды, цинк), а также жесткость общая, минерализация.

Оценка влияния качества питьевой воды на здоровье населения региона проводилась отдельно для четырех зон. К первой зоне, где используется поверхностный источник СЦВ, отнесены г. Пенза и г. Заречный. Во вторую зону, где подземные источники эксплуатируют отложения мелового возраста, вошли 17 муниципальных районов западной части области. К третьей зоне, включающей восточную часть с палеогеновыми водоносными горизонтами, отнесено 7 муниципальных районов и г. Кузнецк, а также Иссинский и Пензенский районы центральной части области. Территория Бессоновского района, где преобладает каменноугольный водоносный горизонт, вошла в четвертую зону.

Расчет неканцерогенного риска поступления химических веществ с питьевой водой в четырех зонах области, отличающихся присутствием в воде приоритетных соединений, проводился в соответствии с Р 2.1.10.1920–04⁶.

Суммарные индексы опасности для химических веществ однонаправленного действия рассчитаны с использованием стандартных факторов экспозиции для взрослого населения и детей до 6 лет.

Установление возможной связи между заболеваемостью населения и приоритетными загрязнителями питьевой воды проводилось с использованием корреляционного анализа. Обеспеченность населения региона качественной

питьевой водой оценивалась в соответствии с МР 2.1.4.0143–19⁷.

Результаты и их обсуждение. Централизованное водоснабжение населения в г. Пензе и г. Заречном осуществляется из поверхностного источника — Сурского водохранилища с общей производительностью 400 тысяч м³/сут., в остальных населенных пунктах — из 1582 подземных источников, суммарная добыча воды из которых составляет 86,927 тыс. м³/сут. Хотя доля подземных вод в общем балансе хозяйственно-питьевого водоснабжения составляет 40 %, большая часть населения области (54,8 %) обеспечивается питьевой водой из подземных, а 45,2 % — из поверхностных источников водоснабжения.

Для воды Сурского водохранилища характерно повышенное природное содержание железа (среднегодовая концентрация составляет $0,3 \pm 0,064$ мг/л), меди ($0,41 \pm 0,017$ мг/л), марганца ($0,12 \pm 0,045$ мг/л). Фоновое содержание химических веществ в воде подземных источников зависит от эксплуатируемых водоносных горизонтов. Качество воды 870 источников подземных вод (55 % от их общего количества), расположенных преимущественно в западной и частично в центральной части области и эксплуатирующих отложения мелового возраста (зеландский, сеноман-кампанский, альбский, верхнедевонско-каменноугольный водоносные горизонты), по основным определяемым компонентам соответствует санитарным нормам. Эти воды относятся к гидрокарбонатным кальциево-натриевым со средней минерализацией $346,2 \pm 29,8$ мг/л и жесткостью $3,49 \pm 0,21$ мг-экв/л. В редких случаях в них отмечается повышенная минерализация (до 1294 мг/л) и жесткость (до 9,1 мг-экв/л). Воды палеогеновых водоносных горизонтов, используемые в восточной и центральной частях области, являются сульфатно-гидрокарбонатными натриево-кальциевыми, отличаются значительным содержанием железа ($0,4–1,7$ мг/л) и слабой минерализацией ($209,4 \pm 21,6$ мг/л).

В центральной части региона на территории Бессоновского района для подземных источников, эксплуатирующих каменноугольный водоносный горизонт, свойственно повышенное содержание в воде фтора ($1,6–5,1$ мг/л), бора ($0,6–2,9$ мг/л), железа ($0,3–0,9$ мг/л).

Анализ тенденций изменения качества воды в источниках водоснабжения позволяет говорить о его стабилизации по микробиологическим показателям за последние 6 лет и отсутствии такого тренда по санитарно-химическим показателям (табл. 1). Следует отметить, что в качестве воды в распределительной сети водопроводов наметилась устойчивая тенденция к улучшению. Так, в сравнении с 2014 г. доля проб питьевой воды, не отвечающей гигиеническим

⁵ Форма № 18 федерального статистического наблюдения «Сведения о санитарном состоянии субъекта Российской Федерации» за 2000–2019 гг. [Электронный ресурс] Доступно по: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=44&documentId=41120> (дата обращения: 20.01.2020).

⁶ Р 2.1.10.1920–04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» [Электронный ресурс] Доступно по: <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293853/4293853015.htm> (дата обращения: 20.01.2020).

⁷ МР 2.1.4.0143–19 «Методика по оценке повышения качества питьевой воды, подаваемой системами централизованного питьевого водоснабжения: методические рекомендации» / утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 27.03.2019 (с изменениями от 11.11.2019) [Электронный ресурс] Доступно по: <https://legalacts.ru/doc/mr-2140143-19-214-pitevaja-voda-i-vodosnabzhenie-naselennykh-mest/> (дата обращения: 20.01.2020).

нормативам по санитарно-химическим показателям, в 2019 г. снизилась на 1,0 % и составила 6,6 %, а по микробиологическим показателям уменьшилась на 2,4 % и составила 2,2 %, что значительно ниже, чем аналогичные показатели в целом по Российской Федерации, — соответственно 12,38 и 2,68 % в 2019 году.

В 2014–2019 гг. в рамках регионального социально-гигиенического мониторинга исследование питьевой воды проводилось на 25 мониторинговых точках по 9 показателям (жесткость общая, цветность, мутность, минерализация, хлориды, железо, фториды, бор, марганец). Согласно результатам исследований, к приоритетным загрязнителям питьевой воды СЦВ относятся фториды, бор, железо, случаи превышения которых, как правило, встречаются в водопроводах, эксплуатируемых в населенных пунктах, расположенных в 3-й и 4-й зонах. Так, в г. Кузнецке, Кузнецком и Городищенском районах (3-я зона) превышение по железу составило от 1,1 до 5,8 ПДК. В Бессоновском районе (4-я зона) в 2019 г. превышение по железу составило от 1,1 до 3,8 ПДК, по бору — 2,1–5,7 ПДК, по фторидам — 1,1–5,3 ПДК. В целом по всем точкам мониторинга доля неудовлетворительных проб питьевой воды из СЦВ по санитарно-химическим показателям составила 6,4 %, из которых 1,3 % приходится на несоответствие гигиеническим нормативам по таким показателям, как жесткость общая, цветность, мутность, минерализация, хлориды. Доля проб питьевой воды, не соответствующей нормативам по микробиологическим показателям, не превышает 1,4 %, но на территории ряда населенных пунктов Нижнеломовского района (2-я зона) не соответствуют требованиям нормативов до 16,7 % проб.

При расчете коэффициентов опасности химических веществ, исходя из среднесуточных концентраций в питьевой воде из СЦВ, превышения допустимых значений (1,0 и более) как для детей, так и для взрослых в 1-й, 2-й и 3-й зонах не выявлено. В то же время в 3-й зоне неканцерогенный риск по железу оказался значительно выше, чем в остальных зонах ($HQ = 0,294$ — для детей, $0,126$ — для взрослых). В четвертой зоне, а именно на территории Бессоновского района, коэффициент опасности по фторидам выше допустимого значения ($HQ = 2,845$ для детей, $HQ = 1,219$ — для взрослых). С учетом токсичности фтора и его производных, прежде всего для детей [28],

мероприятия по обеспечению населения питьевой водой, содержащей фтор не выше 1 ПДК, является приоритетной задачей. Частично данная проблема решается путем приобретения и использования фильтров обратно-осмотического типа по дефторированию питьевой воды в ряде дошкольных образовательных учреждений и образовательных организаций района.

В Бессоновском районе коэффициенты опасности по бору, составляющие для детей и взрослых соответственно $HQ = 0,243$ и $HQ = 0,104$, также существенно выше, чем в остальных зонах (табл. 2). Хотя неканцерогенный риск по бору не превышает допустимого значения, но повышенное содержание в питьевой воде позволяет отнести его к одним из возможных факторов неблагоприятного воздействия на здоровье. Формы бора, присутствующего в воде, признаны потенциально токсичными, а длительное употребление такой воды раздражает желудок и может привести к энтериту и отравлению [29, 30]. Проблема усугубляется тем, что обычные технологии очистки питьевой воды (седиментация, коагуляция, фильтрация) не позволяют добиться нормативного значения на территориях с высоким содержанием природного бора [31], поэтому требуется применение специальных методов очистки воды.

Суммарные индексы опасности (НИ) по исследованным химическим веществам, односторонне воздействующим на органы и системы, свидетельствуют о минимальном (пренебрежимом) риске для детей и взрослых. Лишь по воздействию фторидов на зубы и костную систему детей в 4-й зоне значение индекса опасности превышает верхнюю границу референтного уровня ($> 3,0$); для взрослого населения $NI = 2,106$, что говорит о низком риске (табл. 3).

Определенное значение в развитии риска заболеваний желудочно-кишечного тракта для детей в 4-й зоне может представлять бор ($NI = 0,295$). В 3-й зоне основной вклад в развитие риска заболеваний у детей слизистых и кожи ($NI = 0,296$), иммунной системы ($NI = 0,311$), системы крови ($NI = 0,473$) вносит железо.

В связи с тем, что аккредитованными лабораториями региона не исследуется содержание побочных продуктов хлорирования питьевой воды, считающихся потенциальными факторами развития онкологических заболеваний у населения [20, 22], расчет канцерогенного

Таблица 1. Доля проб питьевой воды, не отвечающей гигиеническим нормативам по санитарно-химическим и микробиологическим показателям в Пензенской области (%)

Table 1. The proportion of samples noncompliant with chemical and microbiological drinking water quality standards in the Penza Region (%)

Объекты и показатели / Objects and water quality indices	Годы / Years					
	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Источники водоснабжения / Water supply sources:						
санитарно-химические / chemical	14,5	6,8	7,0	19,0	16,5	17,4
микробиологические / microbiological	6,5	6,2	4,8	6,2	6,1	4,3
Распределительная сеть / Distribution system:						
санитарно-химические / chemical	7,6	7,4	7,2	8,9	8,5	6,6
микробиологические / microbiological	4,6	4,5	3,6	3,8	3,4	2,2

риска по хлорорганическим соединениям не проводился.

Результаты корреляционного анализа содержания в питьевой воде химических веществ и заболеваемости населения за 2014–2019 гг. позволяют говорить о возможном влиянии железа на развитие ряда заболеваний. Установлено, что в 3-й зоне заболеваемость болезнями мочеполовой системы среди детей имеет сильную связь со среднегодовой концентрацией железа ($r = 0,81$; $P < 0,05$); в 4-й зоне отмечается корреляционная связь средней силы ($r = 0,56$; $P < 0,05$). Обнаруженная связь между содержанием железа и заболеваемостью гастритами и дуоденитами детей и подростков в 3-й зоне является сильной ($r = 0,73$; $P < 0,05$). Полученные нами данные согласуются с результатами исследований [10, 32], подтверждающих связь повышенного содержания железа в питьевой воде с заболеваемостью. Корреляционная связь между среднегодовой концентрацией бора в питьевой воде в 4-й зоне и заболеваемостью детей болезнями органов пищеварения, имеющая средней силы связь ($r = 0,41$), статистически недостоверна ($P > 0,05$).

Оценка обеспеченности населения Пензенской области доброкачественной водой показала, что доля населения, обеспеченной качественной питьевой водой из СЦВ, в 2019 году составила 89,4 %, что ниже целевого показателя, предусмотренного региональным проектом «Чистая вода» на 2019 год (98,1 %), среди городского населения — соответственно 94,2 % и 99,3 %. Следует отметить, что показатели обеспеченности населения качественной водой в 2019 г. в области несколько лучше, чем в среднем по стране (85,5 и 93,2 % соответственно).

В 2019 г. из-за превышения железа жители 22 населенных пунктов (68 142 человек) в 3-й зоне, из-за превышения железа и фтора жители 11 населенных пунктов (46 446 человек) в 4-й зоне, из-за несоответствия по микробиологическим показателям жители 4 населенных пунктов (21 407 человек) и из-за превышения жесткости, цветности, мутности, минерализации, хлоридов жители 9 поселений (3059 человек) во 2-й зоне не обеспечены качественной питьевой водой из СЦВ. Полученные нами данные

Таблица 2. Коэффициенты опасности (HQ) воздействия химических веществ, поступающих перорально с питьевой водой
Table 2. Hazard quotients (HQ) for oral exposure to chemicals in tap water

Вещества / Chemicals	1-я зона / Zone 1	2-я зона / Zone 2	3-я зона / Zone 3	4-я зона / Zone 4	Критические органы и системы / Target organs and systems
Нитраты (по NO_3) / Nitrates (NO_3)	$\frac{0,037}{0,086}$	$\frac{0,035}{0,082}$	$\frac{0,033}{0,077}$	$\frac{0,036}{0,084}$	Кроветворная система, CCC / Hematopoietic system, cardiovascular system
Нитриты (по NO_2) / Nitrites (NO_2)	$\frac{0,016}{0,038}$	$\frac{0,008}{0,019}$	$\frac{0,011}{0,025}$	$\frac{0,010}{0,023}$	Кроветворная система / Hematopoietic system
Железо / Iron	$\frac{0,032}{0,074}$	$\frac{0,025}{0,060}$	$\frac{0,126}{0,294}$	$\frac{0,078}{0,183}$	Слизистые, кожа, крове-творная система, иммунная система / Mucosa, skin, hematopoietic system, immune system
Фтор / Fluorine	$\frac{0,146}{0,340}$	$\frac{0,127}{0,277}$	$\frac{0,105}{0,245}$	$\frac{1,219}{2,845}$	Зубы, костная система / Teeth, skeletal system
Алюминий / Aluminum	$\frac{0,0046}{0,0108}$	$\frac{0,0013}{0,0032}$	$\frac{0,0011}{0,0025}$	$\frac{0,0012}{0,0027}$	ЦНС / Central nervous system
Бор / Boron	$\frac{0,015}{0,035}$	$\frac{0,005}{0,013}$	$\frac{0,007}{0,016}$	$\frac{0,104}{0,243}$	Репродуктивная система, ЖКТ, процессы развития / Reproductive system, gastrointestinal tract, developmental processes
Марганец / Manganese	$\frac{0,016}{0,036}$	$\frac{0,012}{0,027}$	$\frac{0,018}{0,041}$	$\frac{0,014}{0,032}$	ЦНС, кроветворная система / Central nervous system, hematopoietic system
Медь / Copper	$\frac{0,026}{0,060}$	$\frac{0,017}{0,040}$	$\frac{0,019}{0,044}$	$\frac{0,022}{0,050}$	ЖКТ, печень / Gastrointestinal tract, liver
Кадмий / Cadmium	$\frac{0,022}{0,051}$	$\frac{0,005}{0,013}$	$\frac{0,011}{0,025}$	$\frac{0,016}{0,038}$	Почки, эндокринная система / Kidney, endocrine system
Ртуть / Mercury	$\frac{0,009}{0,021}$	$\frac{0,005}{0,013}$	$\frac{0,007}{0,017}$	$\frac{0,008}{0,019}$	Иммунная система, почки, ЦНС, репродуктивная система, эндокринная система / Immune system, kidney, central nervous system, reproductive system, endocrine system
Свинец / Lead	$\frac{0,025}{0,058}$	$\frac{0,010}{0,024}$	$\frac{0,013}{0,031}$	$\frac{0,016}{0,038}$	ЦНС, нервная система, кровь, процессы развития, репродуктивная система, эндокринная система / Central nervous system, nervous system, blood, developmental processes, reproductive system, endocrine system
Цианиды / Cyanides	$\frac{0,011}{0,026}$	$\frac{0,004}{0,009}$	$\frac{0,005}{0,013}$	$\frac{0,006}{0,014}$	Нервная система, эндокринная система / Nervous system, endocrine system
Цинк / Zinc	$\frac{0,0027}{0,0064}$	$\frac{0,0018}{0,0043}$	$\frac{0,0024}{0,0055}$	$\frac{0,0021}{0,0049}$	Кроветворная система / Hematopoietic system
Хром / Chromium	$\frac{0,0044}{0,010}$	$\frac{0,0005}{0,0013}$	$\frac{0,0016}{0,0038}$	$\frac{0,0011}{0,0025}$	Печень, почки, ЖКТ, слизистые / Liver, kidney, gastrointestinal tract, mucosa

Примечание: в числителе для взрослых HQ, в знаменателе — для детей.

Notes: HI for adults is in the numerator and that for children — in the denominator.

Таблица 3. Суммарные индексы опасности (НИ) для веществ однонаправленного действия
Table 3. Total hazard indices (HI) for the chemicals posing similar health risks

Критические органы и системы / Target organs and systems	1-я зона / Zone 1	2-я зона / Zone 2	3-я зона / Zone 3	4-я зона / Zone 4
Кроветворная система / Hematopoietic system	$\frac{0,129}{0,298}$	$\frac{0,092}{0,216}$	$\frac{0,203}{0,473}$	$\frac{0,156}{0,365}$
Сердечно-сосудистая система / Cardiovascular system	$\frac{0,037}{0,086}$	$\frac{0,035}{0,082}$	$\frac{0,033}{0,077}$	$\frac{0,036}{0,084}$
Слизистые, кожа / Mucous membranes, skin	$\frac{0,036}{0,084}$	$\frac{0,026}{0,060}$	$\frac{0,128}{0,296}$	$\frac{0,079}{0,185}$
Иммунная система / Immune system	$\frac{0,041}{0,095}$	$\frac{0,030}{0,073}$	$\frac{0,133}{0,311}$	$\frac{0,086}{0,202}$
Центральная нервная система / Central nervous system	$\frac{0,055}{0,126}$	$\frac{0,028}{0,067}$	$\frac{0,039}{0,091}$	$\frac{0,039}{0,092}$
Эндокринная система / Endocrine system	$\frac{0,067}{0,156}$	$\frac{0,024}{0,059}$	$\frac{0,036}{0,086}$	$\frac{0,046}{0,109}$
Репродуктивная система / Reproductive system	$\frac{0,049}{0,114}$	$\frac{0,020}{0,050}$	$\frac{0,027}{0,064}$	$\frac{0,128}{0,300}$
Нервная система / Nervous system	$\frac{0,036}{0,084}$	$\frac{0,014}{0,033}$	$\frac{0,018}{0,044}$	$\frac{0,022}{0,052}$
Процессы развития / Development processes	$\frac{0,040}{0,093}$	$\frac{0,015}{0,037}$	$\frac{0,020}{0,047}$	$\frac{0,120}{0,268}$
Желудочно-кишечный тракт / Gastrointestinal tract	$\frac{0,045}{0,105}$	$\frac{0,022}{0,054}$	$\frac{0,028}{0,063}$	$\frac{0,127}{0,295}$
Печень / Liver	$\frac{0,030}{0,070}$	$\frac{0,017}{0,041}$	$\frac{0,021}{0,048}$	$\frac{0,023}{0,052}$
Почки / Kidney	$\frac{0,035}{0,082}$	$\frac{0,010}{0,027}$	$\frac{0,019}{0,046}$	$\frac{0,025}{0,059}$
Зубы, костная система / Teeth, skeletal system	$\frac{0,146}{0,340}$	$\frac{0,127}{0,277}$	$\frac{0,105}{0,245}$	$\frac{1,219}{2,845}$
Общий суммарный риск (ТНИ) / Total hazard index	$\frac{0,746}{1,733}$	$\frac{0,460}{1,076}$	$\frac{0,810}{1,891}$	$\frac{2,106}{4,908}$

Примечание: в числителе НИ для взрослых, в знаменателе – для детей.

Notes: HI for adults is in the numerator and that for children – in the denominator.

легли в основу внесения дополнений в региональный проект «Чистая вода»⁸, в соответствии с которыми запланировано строительство пяти станций водоподготовки и обезжелезивания – в 3-й и двух в 4-й зонах, а также четырех станций водоподготовки и хлорирования во второй зоне, станции глубокой очистки воды методом углевания на водоочистных сооружениях Сурского водозабора в 1-й зоне, строительство в 4-й зоне пяти артезианских скважин, эксплуатирующих водоносные горизонты с низким содержанием фтора. Указанные мероприятия, являющиеся первоочередными, направлены на улучшение качества питьевой воды из СЦВ во всех четырех зонах, что позволит повысить долю населения, обеспеченного качественной питьевой водой, до уровня целевых показателей, предусмотренных региональным проектом «Чистая вода», – 99,2 %⁸.

Имевшее место повышение доли населения, обеспеченного качественной питьевой водой с 86,5 % в 2014 г. до 89,4 % в 2019 г. согласуется с кластеризацией субъектов Российской Федерации [33], в соответствии с которой Пензенская область относится к регионам первого класса, где отмечается снижение заболеваемости, ассоциированной с питьевой водой. В то же время в Пензенской области отмечается

совершенствование надзорной деятельности Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека и реализуются предложенные гигиенические мероприятия с учетом риск-ориентированного подхода к обеспечению населения доброкачественной питьевой водой.

Выводы

1. Согласно результатам многолетних исследований, к химическим веществам, содержащимся в питьевой воде в концентрациях, многократно превышающих нормативные значения, относятся железо, фтор и бор, что обусловлено природными особенностями эксплуатируемых водоносных горизонтов. Исходя из уровня содержания приоритетных химических веществ в питьевой воде из систем централизованного водоснабжения проведено зонирование территории области. Наиболее неблагоприятной является четвертая зона.

2. Неканцерогенный риск, рассчитанный по содержащимся в питьевой воде химическим веществам, относится к допустимым, за исключением в четвертой зоны, где коэффициент опасности по фторидам выше допустимого значения как у детей, так и у взрослых.

3. Нельзя исключить влияние повышенного содержания железа в питьевой воде на развитие

⁸ Паспорт регионального проекта «Чистая вода» [Электронный ресурс] // Постановление Правительства Пензенской области от 24.08.2020 № 574-пП «О внесении изменений в государственную программу Пензенской области «Обеспечение жильем и коммунальными услугами населения Пензенской области на 2014–2024 годы», утвержденную постановлением Правительства Пензенской области от 01.11.2013 № 811-пП (с последующими изменениями). Доступно по: <https://pnzreg.ru/upload/iblock/0be/0be08c2de0635969f71972250ae78fbf.pdf> / (дата обращения: 30.08.2020).

у детей и подростков, проживающих в третьей и четвертой зонах, болезней мочеполовой системы, гастритов и дуоденитов.

4. Требуется проведение дополнительного исследования по изучению состояния здоровья населения, употребляющего питьевую воду с повышенным содержанием фтора, в ряде населенных пунктов Бессоновского района.

5. С учетом хлорирования питьевой воды на водозаборах с поверхностных источников необходимо в рамках социально-гигиенического мониторинга в распределительной сети водопроводов в г. Пензе и г. Заречном начать исследовать питьевую воду на хлорорганические соединения.

6. Для увеличения доли населения, обеспеченного качественной питьевой водой, до уровня целевого показателя, предусмотренного региональным проектом «Чистая вода», необходимо выполнить первоочередные мероприятия по строительству и вводу в эксплуатацию скважин, эксплуатирующих водоносные горизонты с низким содержанием природного фтора, станций водоподготовки и обезжелезивания, станций водоподготовки и хлорирования.

Информация о вкладе авторов: Васильев В.В. — разработка дизайна исследования; Рябинина Т.В. — получение данных для анализа, анализ полученных данных, написание текста рукописи, обзор публикаций по теме статьи; Перекусихин М.В. — анализ полученных данных, написание текста рукописи; Васильев Е.В. — получение данных для анализа, написание текста рукописи.

Финансирование: работа не имела спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

(пп. 1–6, 11, 12, 15, 17–21, 23, 24–29, 31 см. References)

- Кику П.Ф., Кислицына Л.В., Богданова В.Д. и др. Гигиеническая оценка качества питьевой воды и риски для здоровья населения Приморского края // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98. № 1. С. 94–101. DOI: 10.18821/0016-9900-2019-98-1-94-101.
- Аничкина Н.В. Фтор в природных водах Окско-Донской низменности и его влияние на здоровье населения // Рациональное питание, пищевые добавки и биостимуляторы. 2016. № 2. С. 12–20; Доступно по: <http://journal-nutrition.ru/ru/article/view?id=35730> (дата обращения: 12.01.2020).
- Трифонов Т.А., Марцев А.А., Селиванов О.Г. и др. Гигиеническая оценка содержания фтора в воде централизованного водоснабжения Владимирской области // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98. № 7. С. 701–706. DOI: 10.18821/0016-9900-2019-98-7-701-706
- Егорова Н.А., Канатникова Н.В. Влияние железа в питьевой воде на заболеваемость населения г. Орла // Гигиена и санитария. 2017. Т. 96. № 11. С. 1049–1053. DOI: 10.18821/0016-9900-2017-96-11-1049-1053
- Султанов Р.Р. Риск развития флюороза зубов в регионах Российской Федерации // Бюллетень медицинских интернет-конференций. 2016. Т. 6 № 6. С. 1108.
- Фесенко М.Е., Комар В.Н., Стасюк А.И. Состояние нервно-психического развития детей, употребляющих питьевую воду с повышенным содержанием фтора // Здоровье ребенка. 2011. № 8 (35). С. 58–60.
- Байдакова Е.В., Унгурияну Т.Н., Крутская К.В. и др. Качество питьевого водоснабжения и степень эпидемиологической опасности возникновения кишечных инфекций в городах Архангельской области // Экология человека. 2019. № 5. С. 15–20.
- Сбоев А.С., Романенко К.В. Анализ влияния хлор-органических соединений, содержащихся в воде сети хозяйственно-питьевого водоснабжения, на здоровье населения в городах Пермского края // Гигиена и санитария. 2017. Т. 95 № 1. С. 14–17. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-1-14-17
- Вербичкая Г.В. Экспериментальные и полевые исследования по гигиенической оценке борсодержащей питьевой воды // Гигиена и санитария. 1975. № 7. С. 49–53.
- Кику П.Ф., Кислицына Л.В., Богданова В.Д. и др. Оценка риска санитарно-химических показателей воды для населения Хасанского района Приморского края // Экология человека. 2018. № 6. С. 12–17.
- Зайцева Н.В., Сбоев А.С., Клейн С.В., Вековщина С.А. Качество питьевой воды: факторы риска для здоровья населения и эффективность контрольно-надзорной деятельности Роспотребнадзора // Анализ риска здоровью. 2019. № 2. С. 44–55. DOI: 10.21668/health.risk/2019.2.05

References

- Ferrero G, Setty K, Rickert B, *et al.* Capacity building and training approaches for water safety plans: a comprehensive literature review. *Int J Hyg Environ Health*. 2019; 222(4):615–627. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2019.01.011>
- Kayser G, Loret JF, Setty K, *et al.* Water safety plans for water supply utilities in China, Cuba, France, Morocco and Spain: costs, benefits, and enabling environment elements. *Urban Water J*. 2019; 16(4):277–288. DOI: <https://doi.org/10.1080/1573062X.2019.1669191>
- Li P, Wu J. Drinking water quality and public health. *Expos Health*. 2019; 11:73–79. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12403-019-00299-8>
- Setty K, O'Flaherty G, Enault J, *et al.* Assessing operational performance benefits of a Water Safety Plan implemented in Southwestern France. *Perspect Public Health*. 2018; 138(5):270–278. DOI: <https://doi.org/10.1177/1757913918787846>
- Kempton MJ, Ettinger U, Foster R, *et al.* Dehydration affects brain structure and function in healthy adolescents. *Hum Brain Mapp*. 2011; 32(1):71–79. DOI: <https://doi.org/10.1002/hbm.20999>
- Mohod CV, Dhote J. Review of heavy metals in drinking water and their effect on human health. *Int J Innov Res Sci Eng Technol*. 2013; 2(7):2992–2996.
- Kiku PF, Kislitsyna LV, Bogdanova VD, *et al.* Hygienic evaluation of the quality of drinking water and risks for the health of the population of the Primorye Territory. *Gigiena i Sanitariya*. 2019; 98(1):94–101. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-1-94-101>
- Anichkina NV. Fluoride in natural waters of the Oka-Don lowland and its impact on public health. *Ratsional'noye Pitaniye, Pishchevyye Dobavki i Biostimulyatory*. 2016; (2):12–20. (In Russian).
- Trifonova TA, Martsev AA, Selivanov OG, *et al.* Fluorine content in water of centralized water supply of the Vladimir region. *Gigiena i Sanitariya*. 2019; 98(7):701–706. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-7-701-706>
- Egorova NA, Kanatnikova NV. Effect of iron in drinking water on the morbidity rate in the population of the city of Orel. *Gigiena i Sanitariya*. 2017; 96(11):1049–1053. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-11-1049-1053>
- Jez-Walkowiak J, Dymaczewski Z, Szuster-Janiaczek A, *et al.* Efficiency of Mn removal of different filtration materials for groundwater treatment linking chemical and physical properties. *Water*. 2017; 9(7), 498. DOI: <https://doi.org/10.3390/w9070498>
- Manganese in Drinking-water. Background document for development of *WHO Guidelines for Drinking-water*

- Quality. World Health Organization, 2011. 21 p. Available at: https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/manganese.pdf/en/. Accessed: 12 Jan 2020.
13. Sultanov RR. [The risk of developing dental fluorosis in the regions of the Russian Federation [abstract].] *Byulleten' Meditsinskikh Internet-Konferentsii*. 2016; 6(6):1108. (In Russian).
 14. Fesenko MYe, Komar VM, Stasyuk AI. Status of neuropsychological development of children who consume drinking water with high fluorine content. *Zdorov'ye Rebenka*. 2011; (8(35)):58–60. (In Ukrainian).
 15. Soldatova E, Sun Z, Maier S, et al. Shallow groundwater quality and associated non-cancer health risk in agricultural areas (Poyang Lake basin, China). *Environ Geochem Health*. 2018; 40:2223–2242. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10653-018-0094-z>
 16. Baydakova EV, Unguryanu TN, Krutskaya KV, et al. Quality of drinking water and epidemic risk of water-born infections in towns of the Arkhangelsk region. *Ekologiya Cheloveka [Human Ecology]*. 2019; (5):15–20. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2019-5-15-20>
 17. Ashbolt NJ. Microbial contamination of drinking water and human health from community water systems. *Curr Environ Health Rpt*. 2015; 2:95–106. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40572-014-0037-5>
 18. Abebe L, Karon AJ, Koltun AJ, et al. Microbial contamination of non-household drinking water sources: a systematic review. *J Water Sanit Hyg Dev*. 2018; 8(3):374–385. DOI: <https://doi.org/10.2166/washdev.2018.080>
 19. Ahmed T, Scholz M, Al-Faraj F, et al. Water-related impacts of climate change on agriculture and subsequently on public health: A review for generalists with particular reference to Pakistan. *Int J Environ Res Public Health*. 2016; 13(11):1051. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph13111051>
 20. Hrudey SE, Backer LC, Humpage AR, et al. Evaluating evidence for association of human bladder cancer with drinking-water chlorination disinfection by-products. *J Toxicol Environ Health B Crit Rev*. 2015; 18(5):213–241. DOI: <https://doi.org/10.1080/10937404.2015.1067661>
 21. Ceretti E, Moretti M, Zerbini I, et al. Occurrence and control of genotoxins in drinking water: a monitoring proposal. *J Public Health Res*. 2016; 5(3):769. DOI: <https://doi.org/10.4081/jphr.2016.769>
 22. Sboev AS, Romanenko CV. Analysis of the impact of organochlorine compounds contained in the water network of the domestic water supply on the health of population in cities of the Perm Krai. *Gigiena i Sanitariya*. 2016; 95(1):14–17. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2016-95-1-14-17>
 23. Pawari MJ, Gawande S. Ground water pollution & its consequence. *Int J Eng Res Gen Sci*. 2015; 3(4):773–776.
 24. Baum R, Bartram J. A systematic literature review of the enabling environment elements to improve implementation of water safety plans in high-income countries. *J Water Health*. 2018; 16(1):14–24. DOI: <https://doi.org/10.2166/wh.2017.175>.
 25. Water, sanitation and hygiene. Monitoring of water supply and sanitation. World Health Organization. Available at: https://www.who.int/water_sanitation_health/monitoring/ru/ Accessed: 20 Aug 2020.
 26. Strengthening drinking-water surveillance using risk-based approaches. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2019. World Health Organization. Available at: <https://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/water-and-sanitation/publications/2019/strengthening-drinking-water-surveillance-using-risk-based-approaches-2019>. Accessed: 20 Aug 2020.
 27. Surveillance and outbreak management of water-related infectious diseases associated with water-supply systems. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2019. World Health Organization. Available at: <https://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/water-and-sanitation/publications/2019/surveillance-and-outbreak-management-of-water-related-infectious-diseases-associated-with-water-supply-systems-2019>. Accessed: 20 Aug 2020.
 28. dos Santos CC, Santos EL, Goncalves F. Evaluation of contaminants in fluorosilicic acid used for public water fluoridation in the Santos region, Brazil. *Water Supply*. 2017; 17(4):921–928. DOI: <https://doi.org/10.2166/ws.2016.191>
 29. Guidelines for Drinking-water Quality, 3rd edition: Volume 1 — Recommendations. Incorporating first and second addenda. World Health Organization, Geneva, 2008. 668 p. Available at: https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/gdwq3rev/en/. Accessed: 20 Aug 2020.
 30. Verbitskaya GV. [Experimental and field studies of boron-containing drinking water quality.] *Gigiena i Sanitariya*. 1975; (7):49–53. (In Russian).
 31. Boron in drinking-water. Background document for development of WHO *Guidelines for Drinking-water Quality*. World Health Organization, Geneva, 2003. Available at: https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/boron.pdf. Accessed: 20 Aug 2020.
 32. Kiku PF, Kislitsina LV, Bogdanova VD, et al. Risk assessment sanitary-chemical indicators of water for the population of the Khasan district in Primorsky Krai. *Ekologiya Cheloveka [Human Ecology]*. 2018; (6):12–17. (In Russian).
 33. Zaitseva NV, Sboev AS, Kleyn SV, et al. Drinking water quality: health risk factors and efficiency of control and surveillance activities by Rospotrebnadzor. *Health Risk Analysis*. 2019; (2):44–55. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.21668/health.risk/2019.2.05>



© Базарова Е.Л., Федорук А.А., Ошеров И.С., Рослая Н.А., Бабенко А.Г., 2021

УДК 613.6:616-057

Оценка профессионального риска здоровью при работе со сплавами на основе титана по результатам периодического медицинского осмотра и обращаемости

Е.Л. Базарова^{1,2,3}, А.А. Федорук¹, И.С. Ошеров², Н.А. Рослая³, А.Г. Бабенко²¹ФБУН «Екатеринбургский медицинский – научный центр профилактики и охраны здоровья работников промпредприятий» Роспотребнадзора, ул. Попова, д. 30, г. Екатеринбург, 620014, Российская Федерация²Частное медицинское учреждение «Медико-санитарная часть «Тирус», ул. Парковая, д. 1, г. Верхняя Салда, 624760, Российская Федерация³ФБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, ул. Репина, д. 3, г. Екатеринбург, 620028, Российская Федерация

Резюме: *Введение.* Титановая индустрия продолжает наращивать мощности и внедрять инновационные технологии под влиянием высокого спроса на металл и его сплавы. У рабочих, занятых в производстве титана, отмечали повышенный профессиональный риск болезней органов дыхания, кровообращения, кожи, имеются данные об изменении гематологических показателей. *Целью* настоящего исследования являлась оценка профессионального риска, связанного с воздействием титана в составе промышленного аэрозоля, для здоровья работников модернизируемых участков металлургического производства. *Материалы и методы.* Оценка риска проведена по материалам периодических медицинских осмотров и обращаемости за медицинской помощью с расчетом относительного риска RR, для оценки достоверности результатов использован критерий χ^2 . *Результаты исследования.* Среди работающих, занятых производством титана и его сплавов, в сравнении с неэкспонированными лицами того же металлургического предприятия выявлено достоверное превышение заболеваемости с временной утратой трудоспособности болезнями кожи, органов дыхания, костно-мышечной системы, уха, распространенности хронической патологии кожи, органов дыхания и пищеварения. Формирование хронической патологии среди экспонированных работающих всех возрастных групп происходило более быстро, чем в группах сравнения. Отмечалась повышенная распространенность гематологических изменений – увеличение гемоглобина, тромбоцитопении, лейкоцитоза, лимфоцитоза, моноцитоза. При концентрации титана в воздухе рабочей зоны выше ПДК (10 мг/м³) установлена достоверно более высокая распространенность хронической патологии кожи, органов пищеварения, повышенного гемоглобина, а также тенденция к увеличению распространенности хронической патологии системы кровообращения, повышенных артериального давления, массы тела и тромбоцитопении в сравнении с группой работающих в допустимых условиях труда. *Выводы.* В исследовании выявлена высокая степень связи распространенности хронической патологии кожи и средняя степень связи лейкоцитоза, моноцитоза с наличием профессионального контакта с титаном в составе промышленного аэрозоля.

Ключевые слова: профессиональный риск; нарушение здоровья работников титанового производства.

Для цитирования: Базарова Е.Л., Федорук А.А., Ошеров И.С., Рослая Н.А., Бабенко А.Г. Оценка профессионального риска здоровью при работе со сплавами на основе титана по результатам периодического медицинского осмотра и обращаемости // Здоровье населения и среда обитания. 2021. № 2 (335). С. 43–53. DOI: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-335-2-43-53>

Информация об авторах:

✉ **Базарова** Екатерина Ливерьевна – к.м.н., докторант ФБУН «Екатеринбургский медицинский – научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промышленных предприятий» Роспотребнадзора, врач по гигиене труда Частного медицинского учреждения «Медико-санитарная часть «Тирус», ассистент кафедры гигиены и экологии ФБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России; e-mail: bazarova@vsmmpo.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7377-6024>.

Федорук Анна Алексеевна – к.м.н., руководитель отдела медицины труда ФБУН «Екатеринбургский медицинский – научный центр профилактики и охраны здоровья работников промпредприятий» Роспотребнадзора; e-mail: annaf@umrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6354-0827>.

Ошеров Илья Семенович – главный врач МСЧ «Тирус», заслуженный врач РФ; e-mail: osherov@vsmmpo-avisma.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0408-4216>.

Рослая Наталья Алексеевна – д.м.н., доцент кафедры общественного здоровья и здравоохранения ФБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, главный внештатный профпатолог Уральского Федерального округа; e-mail: naroslava@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8907-0360>.

Бабенко Алексей Григорьевич – к.т.н., программист МСЧ «Тирус»; e-mail: bab_al@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1424-6103>.

Assessment of Occupational Health Risks from Exposure to Titanium Alloys Based on the Results of Periodic Medical Examinations and Doctor's Visits

Е.Л. Bazarova,^{1,2,3} А.А. Fedoruk,¹ I.S. Osharov,² N.A. Roslaya,³ A.G. Babenko²¹Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers of Rosпотребнадзор, 30 Popov Street, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation²Private Healthcare Unit "Tirus", 1 Parkovaya Street, Verkhnyaya Salda, 624760, Russian Federation³Ural State Medical University of the Russian Ministry of Health, 3 Repin Street, Yekaterinburg, 620028, Russian Federation

Summary. *Introduction:* The titanium industry continues to build capacity and introduce innovative technologies driven by high demand for the metal and its alloys. High occupational risks of diseases of the respiratory and circulatory systems, diseases of the skin, and changes in hematological indices were established for titanium metal production workers. The *objective* of our study was to assess the occupational risk from exposures to titanium in the composition of industrial aerosols for the health of workers in the modernized areas of metallurgical production. *Materials and methods:* Our risk assessment was based on findings of periodic health examinations and doctor's visits; we estimated the relative risk (RR) and used χ^2 criterion to evaluate the statistical significance of the results. *Results:* We observed significantly higher incidence rates of diseases of the skin, ear, respiratory and musculoskeletal systems with temporary disability and higher rates of chronic diseases of the skin, respiratory and digestive systems in the titanium metal production workers compared to the workers of the same industrial enterprise unexposed to titanium and its alloys. Chronic diseases developed quicker in the exposed workers of all age groups than in the controls. The prevalence of hematologic disorders, such as high hemoglobin levels, thrombocytopenia, leukocytosis, lymphocytosis, and monocytosis was also higher in the exposed group. In the workers exposed to titanium concentrations exceeding the maximum permissible concentration (MPC) of 10 mg/m³ in the workplace air, we noted significantly higher rates of chronic diseases of the skin and digestive system, elevated hemoglobin levels, and a rising trend in the prevalence of chronic diseases of the circulatory system, high blood pressure, overweight, and thrombocytopenia in comparison with those working in permissible conditions.

Conclusions: We revealed a strong correlation between occupational exposures to airborne titanium and chronic skin diseases and a medium correlation for leukocytosis and monocytosis.

Keywords: occupational risk, health disorders, titanium metal production workers.

For citation: Bazarova EL, Fedoruk AA, Osherov IS, Roslaya NA, Babenko AG. Assessment of occupational health risks from exposure to titanium alloys based on the results of periodic medical examinations and doctor's visits. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021; (2/335):43–53. (In Russian) DOI: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-335-2-43-53>

Author information:

✉ Ekaterina L. **Bazarova**, Candidate of Medical Sciences, doctoral student, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers; occupational health physician, Private Healthcare Unit "Tirus"; e-mail: bazarova@vsmo.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7377-6024>.

Anna A. **Fedoruk**, Candidate of Medical Sciences, Head of the Department for Occupational Medicine, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers; e-mail: annaf@ymrc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6354-0827>.

Ilya S. Osherov, Honored Doctor of the Russian Federation, Chief Physician, Private Healthcare Unit "Tirus"; e-mail: osherov@ysmpo-avisma.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0408-4216>.

Natalya A. **Roslaya**, D.M.Sc., Associate Professor, Department for Public Health and Healthcare, Ural State Medical University of the Russian Ministry of Health; Chief Freelance Occupational Pathologist of the Ural Federal District; ORCID: e-mail: naroslaya@gmail.com <https://orcid.org/0000-0001-8907-0360>.

Alekssey G. Babenko, Candidate of Technical Sciences, Programmer, Private Healthcare Unit "Tirus"; e-mail: bab_al@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1424-6103>.

Введение. Несмотря на сложность металлургических процессов производства титана и его сплавов, уникальные свойства этого металла — высокая удельная прочность и жаропрочность, коррозионная стойкость, немагнитность, малая плотность, легкость, высокая температура плавления, биосовместимость — делают его незаменимым конструкционным материалом в базовых наукоемких секторах экономики. Титановая индустрия продолжает наращивать мощности и внедрять инновационные технологии под влиянием высокого спроса со стороны авиастроения, аэрокосмического сектора мирового рынка, судостроения, транспорта, энергетики, химического и энергетического машиностроения, медицины, спорта, экологии, добычи энергоносителей в районе морского шельфа. Знания о титане и умение с ним работать становятся показателями высокого уровня развития экономики. Глобальная задача модернизации процессов производства титана и его сплавов требует адекватного научного сопровождения с позиций медицины труда.

Начиная с первых научных работ по изучению состояния здоровья работающих, занятых в производстве титана и сплавов на его основе, отмечалась повышенная распространенность патологии органов дыхания [1, 2], что подтверждалось дальнейшими исследованиями [3–7]. На повышенный профессиональный риск болезней органов дыхания, системы кровообращения с наличием стадий развития патологии указывалось при углубленном изучении заболеваемости работников титано-магниевого производства [8, 9]. У рабочих, занятых электролитическим производством титана, выявлялась повышенная заболеваемость болезнями кожи, в том числе аллергическими [10]. Имеются данные о росте частоты случаев увеличенного гемоглобина, лейкоцитоза, моноцитоза у работников этих производств [11, 12]. Отклонения в концентрациях гемоглобина в сравнении с контролем установлены в исследованиях гематологических показателей у рабочих предприятия по производству диоксида титана [13]. На возможность развития патологии клеток крови при воздействии титана указывалось в ряде экспериментальных работ [14, 15].

Целью работы являлась оценка по материалам периодических медицинских осмотров и обрабатываемости работающих за медицинской помощью профессионального риска (ПР) нарушений здоровья работников, занятых в

производстве титановых сплавов и имеющих профессиональный контакт с титаном в форме промышленного аэрозоля, для последующего научного обоснования профилактических стратегий в условиях модернизации предприятия.

Материалы и методы. Исследование проводилось на крупном высокотехнологичном металлургическом предприятии, в состав которого входят плавильные, кузнечные, прокатные, сварочные цехи, подразделения механической обработки. Модернизация охватывает все сегменты производственной цепочки.

По результатам периодических медицинских осмотров (ПМО) работников изучалась распространенность хронической патологии (РХП) в целом по производству. В развитие результатов ранее проведенных нами исследований [16] дизайн настоящей работы включал дополнительно изучение РХП в зависимости от пола, возраста работающих, класса условий труда (КУТ) относительно кратности превышения среднесменной концентрации титана ПДК (10 мг/м^3) и непосредственно его концентрации в воздухе рабочей зоны. Заболеваемость с временной утратой трудоспособности (ЗВУТ) изучалась по данным обращаемости за медицинской помощью за три года. При проведении ПМО в МСЧ «Тирус» обследовано 11 307 работников (6485 мужчин и 4822 женщин), из которых 4278 экспонированных (рабочие места технологической цепочки получения титана и его сплавов) и 7029 неэкспонированных к титану лиц. Информация об условиях труда была выбрана из направлений на ПМО, которые, в свою очередь, были сформированы по результатам СОУТ. Следует отметить, что в составе сложных пылегазовых микстов, поступающих в воздух рабочей зоны при производстве сплавов на основе титана, содержатся и другие вещества, входящие в состав титановых сплавов, — алюминий, железо, кремний, ванадий, молибден, цирконий, олово, марганец, хром, никель, но по объему выделений ведущим загрязнителем является титан. Помимо этого, факторами профессионального риска на рабочих местах являются неблагоприятный микроклимат, шум, вибрация, тяжесть трудового процесса, что не могло не отразиться на результатах данного исследования. Сравнивались РХП и ЗВУТ работников предприятия, работающих и не работающих с титановыми сплавами. Средний возраст работников ($M \pm m$) — $40,3 \pm 0,10$; средний стаж — $23,6 \pm 0,11$ года. У изучаемых

контингентов наблюдалась высокая корреляция возраста и стажа работы. За нормативы показателей периферической крови принимались: скорость оседания эритроцитов — 1–10 мм/ч у мужчин, 2–15 мм/ч у женщин; количество эритроцитов — $(4,0–5,6) \times 10^{12}/л$ и $(3,7–4,7) \times 10^{12}/л$; гемоглобин — (130–150) и (120–140) г/л соответственно; тромбоцитов — $(180–320) \times 10^9/л$; лейкоцитов — $(4,0–8,8) \times 10^9/л$; сегментоядерных нейтрофилов — 47–72 %; эозинофилов — 0,5–5 %; лимфоцитов — 19–37 %; моноцитов — 3–11 %; цветовой показатель — 0,85–1,05; верхняя граница нормы глюкозы в сыворотке крови — 6,1 ммоль/л; холестерина — 5 ммоль/л. Нормой артериального давления считали 140/90 мм рт. ст. Масса тела считалась повышенной при наличии избыточной массы (индекс Кетле 25 и более) и ожирения (30 и более). При изучении гематологических показателей в экспонированную группу были включены учащиеся в возрасте 15–18 лет, находящиеся на производственной практике. Применена методика анализа профессионального риска (ПР) НИИ медицины труда с расчетом относительного риска RR^1 . Для оценки достоверности результатов использованы критерии χ^2 и Стьюдента t ($P < 0,05$ при $\chi^2 > 3,84$; $t > 1,96$), доверительный интервал относительного риска (СИ).

Результаты исследования и обсуждение. При анализе результатов ПМО установлено: в группе работающих, занятых производством титана и его сплавов, достоверно превышала показатели неэкспонированной группы РХП органов дыхания, пищеварения и кожи, отмечалась тенденция к достоверному превышению РХП уха (табл. 1). По критерию относительного риска РХП кожи соответствовала профессионально обусловленной патологии при высокой (2,3) степени связи с наличием экспозиции к титану. Со стороны периферической крови у работающих экспонированных групп популяционно значимыми изменениями, достоверно превышающими аналогичные показатели группы сравнения, являлись: повышение гемоглобина, лейкоцитоз (35,2 % и 23,1 % при малой и средней степени связи соответственно), сопровождающийся уменьшением относительного количества сегментоядерных нейтрофилов, лимфоцитозом (28,3 %, 45,8 % — малая степень связи) и моноцитозом (7,8 % — средняя степень связи). По критерию относительного риска изменения периферической крови в виде лейко- и моноцитоза соответствовали профессионально обусловленным при средней (1,6) степени связи с наличием воздействия титана. Также у работающих экспонированных групп было выявлено достоверное уменьшение распространенности лиц с эритроцитозом, сниженным гемоглобином, увеличенным количеством тромбоцитов (относительный риск менее 1).

Отмечались гендерные отличия в формировании патологии у лиц экспонированной группы: у мужчин наблюдалась достоверно превышающая аналогичные показатели среди женщин распространенность болезней органов пищеварения, нервной системы, увеличения массы тела, повышенного артериального давления и гемоглобина, лейкоцитоза, уменьшения

количества сегментоядерных нейтрофилов, тромбоцитопении, лимфо- и моноцитоза. У женщин наблюдалась достоверно превышающая аналогичные показатели среди мужчин распространенность новообразований, болезней крови, мочеполовой системы, эритроцитоза или эритропении, снижения гемоглобина, увеличение количества тромбоцитов. У мужчин отмечалась тенденция к достоверному увеличению РХП болезней системы кровообращения и болезней уха.

У экспонированных лиц обоих полов наблюдалось достоверное превышение РХП органов дыхания, пищеварения и кожи (табл. 1). По показателю относительного риска РХП кожи соответствовала профессионально обусловленной как у мужчин, так и у женщин при средней (1,8) и высокой (2,9) степени связи с профессиональным воздействием титана. Между наличием титана в воздухе рабочей зоны и РХП органов дыхания и пищеварения степень связи была слабая. Среди женщин экспонированной группы РХП болезней уха по показателю относительного риска соответствовала профессионально обусловленной патологии (средняя степень связи 1,6), в то время как у мужчин, при тенденции к достоверному превышению РХП уха, связь с воздействием титана была малой или отсутствовала. У мужчин отмечалось достоверное увеличение распространенности РХП болезней нервной системы в сравнении с группой неэкспонированных лиц того же пола при малой (1,1) связи с наличием профессионального контакта с титаном в форме промышленного аэрозоля.

При повышении класса условий труда отмечалось практически двукратное превышение показателей РХП кожи (19,3 % при КУТ 3.1 против 10,4 % при КУТ 2), пищеварения (30,1 % против 16,6 %) при увеличении степени связи с наличием контакта с титаном в первом случае от 2,2 до 2,8 (сильная) и от 1,2 (малая) до 2,0 (средняя) во втором. Как при КУТ 2, так и при КУТ 3.1 распространенность лейкоцитоза и моноцитоза была выше среди работающих экспонированной группы, при этом в случае лейкоцитоза степень связи была на одном уровне (1,6 — средняя), в случае моноцитоза увеличивалась с 1,6 до 2,3 (от средней к высокой). Подобные результаты свидетельствуют в пользу обусловленности воздействием титана выявляемых изменений. С переходом к классу 3.1 наблюдались достоверное снижение болезней крови и МПС, тенденция к достоверному увеличению РХП болезней системы кровообращения, повышению массы тела и артериального давления; со стороны периферической крови — достоверное снижение числа лиц с эритроцитозом и пониженным гемоглобином, тенденция к достоверному снижению распространенности тромбоцитоза и уменьшения числа сегментоядерных нейтрофилов; при этом отмечалось достоверное увеличение числа лиц с повышенным гемоглобином и тромбоцитопенией. Все вышеперечисленные изменения по показателю относительного риска не достигали уровней профессионально обусловленных воздействием

¹ Профессиональный риск для здоровья работников (Руководство) / Под ред. Н.Ф. Измерова и Э.И. Денисова. М.: Тривант, 2003. С. 142–149.

Таблица 1. Распространенность нарушений здоровья у работающих в контакте с титаном в зависимости от пола и класса условий труда, по результатам ПМО (на 100 работников)

Table 1. Prevalence of health disorders in workers exposed to titanium by sex and class of working conditions based on the results of periodic medical examinations (per 100 employees)

Нарушения здоровья / Health disorders	Распространенность патологии / Относительный риск / CI ² Prevalence rate / Relative risk / CI ²				
	Все в контакте / Exposed workers n = 4278	Пол / Sex		Классы условий труда 1 / человек / Classes of working conditions 1/persons	
		Мужчины / Men n = 3001	Женщины / Women n = 1277	2 / 4155	3.1 / 83
Болезни органов дыхания / Diseases of the respiratory system	11,6/1,4**/ 1,21–1,51	12,1/1,2**/ 1,03–1,35	10,6/1,5**/ 1,23–1,83	11,7/1,4**/ 1,22–1,52	12,0/1,2/ 0,56–2,76
Болезни системы кровообращения / Diseases of the circulatory system	22,5/0,8/ 0,77–0,88	23,3/0,7/ 0,64–0,75	20,8/1,0/ 0,86–1,10	22,5/0,8/ 0,77–0,88	32,5/1,3/ 0,89–1,82
Болезни органов пищеварения / Diseases of the digestive system	17,0/1,2**/ 1,13–1,36	18,6/1,1**/ 1,01–1,26	13,4/1,2**/ 1,01–1,42	16,6/1,2**/ 1,10–1,31	30,1/2,0**/ 1,40–2,95
Болезни нервной системы / Diseases of the nervous system	26,1/1,0/ 0,95–1,09	27,8/1,1**/ 1,03–1,21	22,1/0,8/ 0,75–0,94	26,1/1,0/ 0,95–1,10	24,1/0,9/ 0,50–1,73
Болезни костно-мышечной системы / Diseases of the musculoskeletal system	34,7/1,0/ 1,00–1,00	34,1/1,0/ 0,96–1,08	35,9/1,0/ 1,00–1,00	34,8/1,0/ 1,00–1,00	32,5/0,9/ 0,63–1,40
Новообразования / Neoplasms	3,1/0,7/ 0,55–0,83	1,5/1,3/ 0,82–2,05	6,7/0,9/ 0,67–1,12	3,1/0,7/ 0,56–0,85	3,6/0,9/ 0,21–3,93
Болезни эндокринной системы / Diseases of the endocrine system	18,8/0,9/ 0,85–0,99	18,8/0,9/ 0,80–0,97	19,0/1,0/ 0,86–1,10	18,9/0,9/ 0,86–1,00	20,5/1,0/ 0–601
Психические расстройства / Psychiatric disorders	1,0/0,9/ 0,57–1,41	1,3/0,8/ 0,50–1,22	0,2/0,3/ 0,06–1,64	1,0/0,9/ 0,57–1,44	1,2/1,2/ 0,51–2,74
Болезни уха / Diseases of the ear	3,1/1,2*/ 0,99–1,56	3,4/1,0/ 0,67–1,34	2,4/1,6**/ 1,02–2,57	3,1/1,2*/ 0,98–1,55	2,4/0,9/ 0,13–5,89
Болезни кожи / Diseases of the skin	10,7/2,3***/ 2,00–2,26	10,9/1,8***/ 1,56–2,17	10,2/2,9***/ 2,34–3,70	10,4/2,2***/ 1,93–2,53	19,3/2,8***/ 1,75–4,57
Болезни крови / Diseases of the blood	7,3/0,7/ 0,64–0,83	2,1/1,5/ 1,04–2,25	19,5/1,1/ 0,93–1,23	7,4/0,7/ 0,65–0,84	2,4/0,3/ 0,07–1,04
Болезни мочеполовой системы / Diseases of the genitourinary system	10,4/0,6/ 0,52–0,63	3,2/1,3/ 0,94–1,72	27,36/0,8/ 0,74–0,91	10,6/0,6/ 0,53–0,64	2,4/0,2/ 0,05–0,50
Повышенная масса тела / Overweight	61,6/1,0/ 0,96–1,00	64,3/0,9/ 0,91–0,97	55,3/1,0/ 0,89–1,01	61,5/1,0/ 0,96–1,01	69,9/1,1/ 0,94–1,33
Повышенное артериальное давление (на ПМО) / High blood pressure (at the time of health screening)	34,4/1,0/ 1,00–1,00	38,8/0,9/ 0,85–0,96	23,9/0,9/ 0,81–1,02	34,3/1,0/ 1,00–1,00	43,4/1,3/ 0,95–1,67
Все болезни в сумме / Total diseases	90,7/0,97/ 0,96–0,98	89,7/0,97/ 0,95–0,99	93,0/0,98/ 0,96–1,00	90,7/0,97/ 0,96–0,98	89,36/0,96/ 0,88–1,04
Эритроцитопения / Erythropenia	4,4/1,0/ 0,80–1,17	2,6/1,0/ 0,66–1,62	8,7/1,3**/ 1,07–1,68	4,4/1,0/ 0,76–1,24	2,4/0,5/ 0,08–3,70
Эритроцитоз / Erythrocytosis	3,9/0,7***/ 0,60–0,86	1,5/1,3/ 0,82–2,02	9,4/1,0/ 1,00–1,00	3,9/0,7***/ 0,61–0,88	1,2/0,3/ 0,03–2,16
Повышенный гемоглобин / Elevated hemoglobin level	35,2/1,1***/ 1,02–1,14	44,5/0,9/ 0,83–0,92	13,2/0,9/ 0,76–1,07	34,9/1,1**/ 1,01–1,13	47,6/1,4***/ 1,09–1,85
Сниженный гемоглобин / Low hemoglobin level	12,3/0,9**/ 0,81–1,00	5,8/1,4***/ 1,11–1,71	27,5/1,2***/ 1,08–1,35	12,5/0,9*/ 1,84–1,01	4,9/0,4**/ 0,14–0,96
Снижение цветового показателя / Decrease in cell-color ratio	8,4/0,9/ 0,8–1,03	4,4/1,4***/ 1,11–1,84	17,9/1,2**/ 1,01–1,35	8,5/0,9/ 0,81–1,04	3,7/0,4/ 0,13–1,32
Повышение цветового показателя / Increase in cell-color ratio	1,6/0,8*/ 0,57–1,03	2,0/0,6***/ 0,44–0,84	0,8/0,8/ 0,32–1,92	1,6/0,8*/ 0,57–1,04	2,4/1,3/ 0–1309
Тромбоцитопения / Thrombocytopenia	9,5/1,0/ 0,90–1,16	10,9/0,9*/ 0,78–1,02	6,2/1,0/ 0,71–1,33	9,3/1,0/ 0,72–1,42	15,9/1,7*/ 0,96–3,00
Увеличение количества тромбоцитов / Higher platelet count	12,6/0,9***/ 0,79–0,96	9,3/1,0/ 0,81–1,18	20,4/1,1/ 0,92–1,23	12,7/0,9**/ 0,80–0,97	7,3/0,5/ 0,24–1,19
Лейкоцитоз / Leukocytosis	23,1/1,6***/ 1,46–1,71	25,7/1,5***/ 1,33–1,60	16,7/1,5***/ 1,24–1,70	23,1/1,6***/ 1,47–1,72	28,0/1,6**/ 1,07–2,36
Уменьшение сегментоядерных нейтрофилов / Low number of mature neutrophils	28,3/1,4***/ 1,26–1,44	31,7/1,3***/ 1,21–1,42	20,3/1,1**/ 1,00–1,30	28,5/1,4***/ 1,27–1,45	20,7/0,9/ 0,51–1,49
Лимфоцитоз / Lymphocytosis	45,8/1,1***/ 1,09–1,19	48,0/1,2***/ 1,09–1,22	40,7/1,1/ 0,97–1,13	45,9/1,1***/ 1,09–1,19	42,7/1,0/ 0,69–1,48
Моноцитоз / Monocytosis	7,8/1,6***/ 1,38–1,83	9,2/1,4***/ 1,16–1,62	4,4/1,5**/ 1,05–2,01	7,7/1,6***/ 1,38–1,85	13,4/2,3***/ 1,24–4,20

Примечание: 1-й класс условий труда по кратности превышения среднесменной концентрации титана в воздухе рабочей зоны. Различие между группой лиц в контакте с титаном и его сплавами и неэкспонированными работниками предприятия: * имеют тенденцию к статистической значимости ($2,706 < \chi^2 < 3,841$); ** достоверны ($\chi^2 > 3,84$; $P < 0,05$); *** достоверны ($\chi^2 > 6,635$; $P < 0,01$); CI² – доверительный интервал относительного риска.

Notes: The first class of working conditions as established by the fold excess of the time-weighted average concentration of titanium in the workplace air. The difference between the group of workers exposed to titanium and its alloys and non-exposed employees of the enterprise: * tending to be statistically significant ($2,706 < \chi^2 < 3,841$); ** significant ($\chi^2 > 3,84$; $P < 0,05$); *** significant ($\chi^2 > 6,635$; $P < 0,01$); CI² – confidence interval of the relative risk.

титана гемопатий. Принимая во внимание выявленные гендерные различия в формировании патологии, подобные изменения можно объяснить снижением числа женщин, работающих в условиях труда, сопровождающихся наличием в воздухе рабочей зоны концентраций титана, соответствующих КУТ 3.1.

В нашем исследовании не выявлено статистически значимых изменений ЗВУТ и РХП тех или иных органов и систем в зависимости от концентрации титана в воздухе рабочей зоны (табл. 2). Обращает на себя внимание достоверное, по сравнению с неэкспонированными лицами, увеличение РХП болезнями кожи (средней или высокой степени связи) во всех группах при отсутствии значимых различий между ними. При превышении среднесменной концентрации титана в воздухе рабочей зоны ПДК (ПДК_{сс} – 10 мг/м³) при малой степени связи (1,3) выявлено достоверное увеличение

РХП болезней уха. Наблюдалось увеличение степени связи (1,7 – средняя) между РХП болезнями нервной системы и уровнем титана выше среднесменной ПДК. Достоверное увеличение РХП органов дыхания и пищеварения при малой связи с условиями труда наблюдалось в экспонированной к небольшим концентрациям титана группе (до 3 мг/м³). При рассмотрении ЗВУТ, в сравнении с работающими неэкспонированной группы, обращает на себя внимание ее увеличение по болезням уха (RR = 1,6–1,8 – средняя степень связи), глаза (RR = 1,5–2,1 – средняя и высокая степень связи), болезням костно-мышечной системы (RR = 1,2–1,3 – малая степень связи), болезням кожи (RR = 1,1–1,5 – малая степень связи). ЗВУТ по сумме заболеваний в большинстве изучаемых групп была в 1,1–1,2 раза достоверно выше, а РХП практически не превышала аналогичных показателей групп

Таблица 2. Распространенность нарушений здоровья в зависимости от концентраций титана в воздухе рабочей зоны (на 100 работников)

Table 2. Titanium concentrations in the workplace air and the prevalence of health disorders (per 100 exposed workers)

Нарушения здоровья / Health disorders	Распространенность патологии / RR / CI Prevalence rate / RR / CI			
	Концентрация титана, мг/м ³ / Titanium concentration, mg/m ³			
	≤ 3 n = 2814	4–6 n = 115	7–10 n = 96	≥ 11 n = 121
Болезни кожи. РХП / Diseases of the skin. Prevalence of chronic disease (PCD)	12,4/1,7***/ 1,53–1,96	18,3/2,1***/ 1,40–3,26	14,6/1,7*/ 0,98–2,92	18,2/2,1***/ 1,38–3,16
Болезни уха. РХП / Diseases of the ear. PCD	3,3/1,0/ 0,79–1,37	2,6/0,8/ 0,02–41,49	2,1/0,7/ 0,05–8,03	4,1/1,3***/ 0,27–6,19
Болезни нервной системы. РХП / Diseases of the nervous system. PCD	27,0/1,0/ 1,00–1,00	30,4/1,1/ 0,81–1,58	28,1/1,0/ 0,54–1,99	44,6/1,7***/ 1,31–2,08
Болезни костно-мышечной системы. РХП / Diseases of the musculoskeletal system. PCD	34,8/1,0/ 0,91–1,03	34,8/1,0/ 0,62–1,54	30,2/0,9/ 0,62–1,17	38,8/1,1/ 0,83–1,42
Болезни органов дыхания. РХП / Diseases of the respiratory system. PCD	11,2/1,2***/ 1,08–1,38	13,9/1,4/ 0,86–2,42	12,5/1,3/ 0,66–2,52	9,9/1,0/ 0,67–1,55
Болезни системы пищеварения. РХП / Diseases of the digestive system. PCD	13,4/1,2***/ 1,05–1,32	17,7/1,5/ 0,93–2,29	12,5/1,0/ 0–3476	9,9/0,8/ 0,43–1,56
Болезни эндокринной системы. РХП / Diseases of the endocrine system. PCD	18,0/0,9/ 0,78–0,93	22,6/1,1/ 0,72–1,70	14,6/0,7/ 0,44–1,19	14,9/0,7/ 0,47–1,14
Психические расстройства. РХП / Psychiatric disorders. PCD	0,7/0,5/ 0,33–0,85	3,5/2,8*/ 0,86–9,07	1,0/0,8/ 0,19–3,56	3,3/2,6/ 0,80–8,70
Болезни системы кровообращения. РХП. / Diseases of the circulatory system. PCD	24,4/0,9/ 0,79–0,91	25,2/0,9/ 0,61–1,35	29,2/1,1/ 0,65–1,74	25,6/0,9/ 0,64–1,35
Повышенное артериальное давление / High blood pressure	32,2/1,0/ 0,89–1,03	33,9/1,0/ 0,64–1,62	32,3/1,0/ 0,51–1,87	38,8/1,2/ 0,91–1,51
Все болезни в сумме. РХП / Total diseases. PCD	89,4/0,95/ 0,94–0,96	96,5/1,04/ 0,98–1,10	87,5/0,94***/ 0,88–1,01	95,9/1,03/ 0,98–1,08
Болезни кожи. ЗВУТ / Diseases of the skin. Morbidity with temporal disability (TD)	1,9/1,1*/ 0,98–1,23	2,6/1,5**/ 1,07–2,07	1,4/0,8/ 0,41–1,36	2,6/1,4***/ 1,09–1,89
Болезни уха. ЗВУТ / Diseases of the ear. TD	3,7/1,8***/ 1,68–1,99	4,4/1,6***/ 1,24–2,02	4,6/1,6***/ 1,23–2,18	4,6/1,6***/ 1,28–1,92
Болезни костно-мышечной системы. ЗВУТ / Diseases of the musculoskeletal system. TD	17,5/1,2***/ 1,15–1,23	18,3/1,2**/ 1,03–1,29	21,3/1,3***/ 1,17–1,51	19,8/1,2***/ 1,12–1,33
Болезни органов дыхания. ЗВУТ / Diseases of the respiratory system. TD	28,0/1,1***/ 1,07–1,12	28,6/1,1/ 0,99–1,16	30,7/1,2***/ 1,04–1,27	28,3/1,1/ 0,98–1,13
Болезни глаза. ЗВУТ / Diseases of the eye. TD	1,5/1,0/ 0,83–1,16	3,3/2,1***/ 1,61–2,85	2,3/1,5*/ 0,97–2,29	2,3/1,5**/ 1,09–1,96
Все болезни в сумме. ЗВУТ / Total diseases with temporal disability	80,7/1,06**/ 1,05–1,07	88,3/1,13/ 1,10–1,16	90,9/1,16***/ 1,13–1,19	85,9/1,09**/ 1,07–1,11

Примечание: n – число человек в группе.

Различия между группой лиц в контакте с титаном и его сплавами и неэкспонированными работниками предприятия: * имеют тенденцию к статистической значимости ($2,706 > \chi^2 < 3,84$); ** достоверны при $p < 0,05$ ($\chi^2 > 3,84$); *** достоверны при $p < 0,01$ ($\chi^2 > 6,635$).

Различия с группой работающих при концентрациях титана в воздухе рабочей зоны ≤ 3 мг/м³: # достоверны при $p < 0,05$ ($t > 1,96$); ## достоверны при $p < 0,01$ ($t > 2,58$).

Notes: n – number of workers in the group.

Differences between the groups of workers exposed and non-exposed to titanium and its alloys: * tend to be statistically significant ($2,706 > \chi^2 < 3,84$); ** significant at $p < 0,05$ ($\chi^2 > 3,84$); *** significant at $p < 0,01$ ($\chi^2 > 6,635$).

Differences with the group of workers exposed to titanium concentrations in the workplace air ≤ 3 mg/m³: # significant at $p < 0,05$ ($t > 1,96$); ## significant at $p < 0,01$ ($t > 2,58$).

уменьшилась и стала в 3,8–2,8 раза меньше, чем с тромбоцитопенией. При концентрации титана, превышающих среднесенную ПДК, отмечается тенденция к увеличению гемоглобина в крови (малая степень связи – 1,3), в то время как число лиц со сниженным гемоглобином уменьшалось с ростом концентрации титана. Достоверное увеличение числа лиц с лейкоцитозом по сравнению с неэкспонированными лицами наблюдалось на всех уровнях экспозиции титана со средней степенью связи при его концентрации в воздухе рабочей зоны на уровне более 5 мг/м³.

Рост РХП у работающих с титаном происходил опережающими темпами в сравнении с остальной популяцией работников тех же возрастных групп, что выражалось в значении $RR > 1$ в большинстве групп (табл. 4). У молодых работников в возрасте до 25 лет при стаже работы 0,5–7 лет наблюдался наибольший относительный риск развития патологии

органов дыхания ($RR = 2,0$ – средняя степень связи с условиями труда, $P < 0,01$), распространенность болезней кожи ($RR = 1,6$ – средняя степень связи), системы кровообращения, костно-мышечной и эндокринной систем, психических расстройств, повышенного артериального давления ($RR = 1,1–1,3$ – малая связь) в сравнении с неэкспонированными лицами того же возраста. В возрастной группе 26–35 лет, дополнительно к указанным выше нарушениям, выявлялся повышенный относительный риск патологии органов пищеварения, уха, нервной системы ($RR = 1,3$ – малая связь), новообразований ($RR = 2,1$). Распространенность патологии эндокринной системы возрастала в 2,3 раза в сравнении с более молодыми работниками; распространенность гиперхолестеринемии и повышенной массы тела достоверно превышала показатели группы сравнения ($RR 1,1$ и $1,2$; $P < 0,01$). Распространенность болезней костно-мышечной системы возрастала в

Таблица 4. Распространенность нарушений здоровья у работающих в контакте с титаном в зависимости от возраста, по результатам ПМО 2018 г.

Table 4. Age-specific prevalence of health disorders in the titanium-exposed workers (based on the results of periodic medical examinations, 2018)

Нарушения здоровья / Health disorders	Распространенность хронической патологии (%) / Относительный риск / CI Prevalence of chronic diseases (%) / Relative risk / CI				
	Возраст, лет / число работающих, чел. / Age, years / Number of workers				
	18–25 / 499	26–35 / 1570	36–45 / 1119	46–55 / 819	56 + / 271
Болезни органов дыхания / Diseases of the respiratory system	12,2/2,0***/ 1,24–3,19	8,6/1,1/ 0,87–1,42	14,0/1,6***/ 1,33–1,97	13,2/1,4**/ 1,13–1,80	13,7/1,4/ 0,91–2,01
Болезни системы кровообращения / Diseases of the circulatory system	4,0/1,1/ 0,18–6,78	9,0/1,1/ 0,86–1,39	23,0/1,1/ 0,94–1,22	44,7/1,1/ 0,95–1,16	66,1/1,0/ 0,86–1,19
Болезни органов пищеварения / Diseases of the digestive system	11,8/0,8/ 0,56–1,22	14,9/1,2*/ 1,98–1,37	17,7/1,4***/ 1,18–1,64	21,4/1,4***/ 1,20–1,70	23,2/1,4**/ 1,09–1,90
Болезни нервной системы / Diseases of the nervous system	27,9/1,0/ 0,74–1,28	30,5/1,1/ 0,96–1,19	24,8/0,9/ 0,81–1,04	21,2/0,9/ 0,76–1,02	17,3/1,0/ 0,60–1,81
Болезни костно-мышечной системы / Diseases of the musculoskeletal system	8,0/1,1/ 0,56–2,15	23,8/1,3***/ 1,11–1,45	38,8/1,1**/ 1,03–1,24	56,7/1,2***/ 1,09–1,28	63,5/1,2***/ 1,05–1,34
Новообразования / Neoplasms	0,4/0,3/ 0,04–2,14	1,3/2,1/ 0,94–4,52	4,1/1,0/ 0,58–1,57	6,1/0,6/ 0,47–0,87	4,8/1,6/ 0,73–3,41
Болезни эндокринной системы / Diseases of the endocrine system	6,2/1,2/ 0,55–2,48	14,0/1,3**/ 1,09–1,58	22,5/1,1/ 0,98–1,29	27,1/1,0/ 0,83–1,09	29,9/0,9/ 0,73–1,21
Болезни глаза / Diseases of the eye	35,18/0,8/ 0,65–0,91	35,5/0,8/ 0,77–0,92	41,9/0,9/ 0,79–0,92	81,0/1,0/ 0,93–1,00	96,3/1,1***/ 1,03–1,12
Психические расстройства / Psychiatric disorders	1,2/1,1/ 0,52–2,23	1,1/0,7/ 0,35–1,44	1,1/1,0/ 0,30–3,05	0,7/1,0/ 0,80–1,20	0,0/ 0,0–0,0
Болезни уха / Diseases of the ear	0,2/0,2/ 0,01–2,47	1,3/1,4/ 0,65–3,08	2,4/1,5/ 0,91–2,60	6,0/2,1***/ 1,46–3,14	13,7/1,5*/ 0,99–2,20
Болезни кожи / Diseases of the skin	10,8/1,6*/ 1,00–2,60	9,4/2,4***/ 1,82–3,12	11,1/3,5***/ 2,69–4,55	12,1/2,2***/ 1,65–2,79	11,8/1,5*/ 0,99–2,36
Болезни крови / Diseases of the blood	5,2/0,6/ 0,36–1,07	7,7/0,8/ 0,62–0,98	7,6/0,6/ 0,49–0,77	8,7/0,9/ 0,68–1,19	3,3/0,9/ 0,18–4,10
Болезни мочеполовой системы / Diseases of the genitourinary system	9,2/0,4/ 0,31–0,60	9,3/0,5/ 0,43–0,62	10,9/0,6/ 0,49–0,71	12,8/0,7/ 0,53–0,79	10,3/0,8/ 0,51–1,17
Повышенная масса тела / Overweight	40,1/1,0/ 0,85–1,25	53,5/1,2***/ 1,07–1,23	69,0/1,1***/ 1,02–1,14	75,5/1,0/ 1,00–1,00	75,6/1,0/ 0,88–1,02
Гипергликемия / Hyperglycemia	4,2/1,0/ 1,00–1,00	6,5/0,9/ 0,67–1,20	11,8/1,0/ 0,77–1,17	17,8/0,8/ 0,69–0,99	26,7/0,9/ 0,71–1,13
Гиперхолестеринемия / Hypercholesterolemia	17,6/0,9/ 0,64–1,38	38,7/1,1***/ 1,04–1,25	55,0/1,0/ 0,98–1,11	71,6/1,1*/ 0,99–1,11	74,9/1,0/ 0,94–1,16
Повышенное артериальное давление / High blood pressure	16,6/1,3/ 0,89–1,81	24,8/1,3***/ 1,12–1,46	37,4/1,2***/ 1,05–1,26	49,9/1,1/ 0,97–1,15	62,7/1,1**/ 1,01–1,29
Все болезни в сумме / Total diseases	80,4/0,98/ 0,92–1,04	86,9/1,0/ 1,00–1,00	92,7/0,99/ 0,98–1,00	98,5/1,0/ 1,00–1,00	99,3/1,0/ 1,00–1,00

Примечание: n = число человек в группе. Различия между группой лиц в контакте с титаном и его сплавами и неэкспонированными работниками предприятия: * имеют тенденцию к статистической значимости ($2,706 > \chi^2 < 3,84$); ** достоверны при $p < 0,05$ ($\chi^2 > 3,84$); *** достоверны при $p < 0,01$ ($\chi^2 > 6,635$).

Notes: n = number of workers in a group. Differences between the group of workers exposed to titanium and its alloys and unexposed employees of the enterprise: * tend to be statistically significant ($2,706 > \chi^2 < 3,84$); ** statistically significant at $p < 0,05$ ($\chi^2 > 3,84$); *** significant at $p < 0,01$ ($\chi^2 > 6,635$).

3 раза в сравнении с группой малостажированных работников и в 1,3 раза достоверно превышала показатель группы неэкспонированных лиц.

У работников возрастной категории 36–45 лет, наряду с ростом распространенности указанных выше нарушений здоровья, выявлен наибольший риск формирования патологии кожи ($RR = 3,5$ – очень высокая достоверная связь с условиями труда, $P < 0,01$); возрастной категории 46–55 лет – заболеваний уха ($RR = 2,1$ – высокая степень связи с условиями труда, $P < 0,01$). У лиц в возрасте 56 лет и старше отмечалась самая высокая распространенность патологии большинства органов и систем организма. Наиболее уязвимыми являлись органы дыхания, пищеварения, костно-мышечная система, кожа, выявлялся повышенный риск новообразований. У лиц старшей возрастной группы, работающих с титаном, в 1,1 раза был достоверно повышен риск болезней глаза в сравнении с неэкспонированными лицами того же возраста.

Во всех возрастных группах наблюдалась повышенная, в сравнении с контролем, распространенность патологии органов дыхания, костно-мышечной системы, высокого артериального давления; в четырех из пяти групп – болезней системы кровообращения, пищеварения, уха. При этом, принимая во внимание показатель относительного риска, профессионально обусловленными можно

назвать болезни кожи, степень связи с условиями труда которых возрастает от средней в группе молодых работников до высокой и очень высокой в возрастных группах 26–35, 36–45 и 46–55 лет, снижаясь до малой степени связи в группе 56 и более лет.

Распространенность нарушений периферической крови в зависимости от возраста у работающих в контакте с титаном отражены на рис. 1–5. Отмечалась тенденция к росту распространенности повышенного гемоглобина от 33,3 % в возрасте 15–20 лет (учащиеся на практике и лица со стажем работы до 2 лет) до 54,3 % в возрасте 61–65 лет (стаж работы 43–47 лет) и достоверном превышении показателя группы сравнения в 1,6 раза (рис. 1). В самой старшей возрастной группе работающих в контакте с титаном наблюдался максимальный относительный риск повышения содержания гемоглобина в крови в сравнении с работниками, не имеющими производственного контакта с титаном ($RR = 1,63$ – средняя степень связи с условиями труда). Аналогичная тенденция отмечалась в распространенности лиц с тромбоцитопенией от 5,1 % в возрасте 15–20 лет до 31,4 % в возрасте 61–65 лет (рис. 2) при достоверном превышении показателя в группе работающих с титаном в 2,8 раза (высокая степень связи с условиями труда).

Среди работающих в контакте с титаном отмечалась тенденция к снижению распространенности

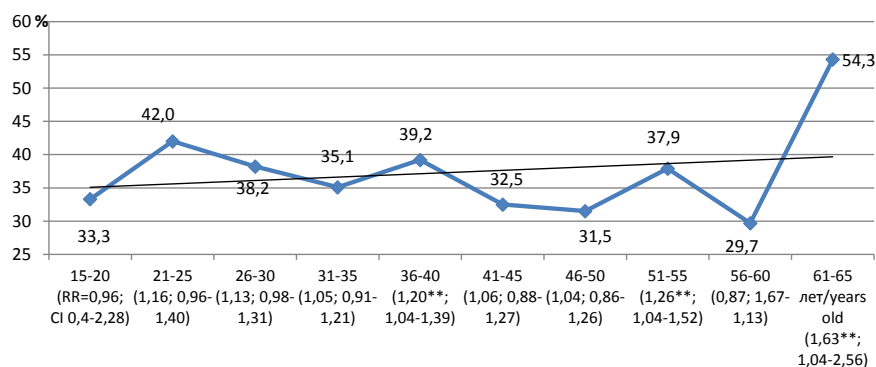


Рис. 1. Распространенность лиц с повышенным гемоглобином, в зависимости от возраста (%)

Fig. 1. Age-specific proportion of workers with increased hemoglobin levels (%)

Примечания к рис. 1–5: Различия между группой лиц в контакте с титаном и его сплавами и неэкспонированными работниками предприятия: * имеют тенденцию к статистической значимости ($2,706 < \chi^2 < 3,84$); ** достоверны при $p < 0,05$ ($\chi^2 > 3,84$); *** достоверны при $p < 0,01$ ($\chi^2 > 6,635$).

Notes fig. 1–5: Differences between the group of workers exposed to titanium and its alloys and unexposed employees of the enterprise: * tend to be statistically significant ($2.706 < \chi^2 < 3.84$); ** statistically significant at $p < 0.05$ ($\chi^2 > 3.84$); *** significant at $p < 0.01$ ($\chi^2 > 6.635$).

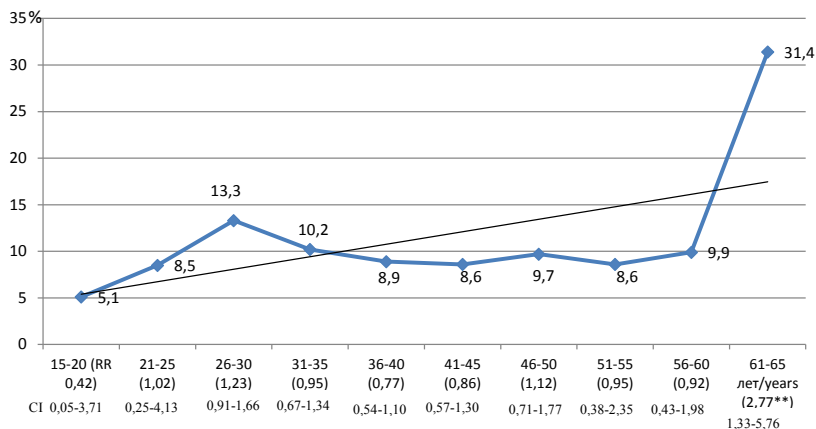


Рис. 2. Распространенность лиц с тромбоцитопенией, в зависимости от возраста (%)

Fig. 2. Age-specific proportion of workers with thrombocytopenia (%)

лейкоцитоза с возрастом: с 30,8 % в возрасте 15–20 лет (максимальный относительный риск лейкоцитоза ($RR = 2,15$ — высокая степень связи) в сравнении с работниками того же возраста вне контакта с титаном) до 11,4 % в возрасте 61–65 лет (рис. 3). Аналогичный тренд выявлен при оценке распространенности лиц с лимфоцитозом: снижение с 61,5 % в возрасте 15–20 лет до 40,0 % в возрасте 61–65 лет. Распространенность лиц с лимфоцитозом и относительный риск лимфоцитоза также были наибольшими в группе самых молодых работников (рис. 4).

Отмечалась тенденция к повышению с возрастом распространенности лиц с моноцитозом среди работающих в контакте с титаном — от отсутствия в возрасте 15–20 лет до 6,3 % в возрасте 56–60 лет и 5,7 % в возрастной группе 61 год и старше (рис. 5). Максимальный риск моноцитоза выявлен в самой старшей возраст-

ной группе ($RR = 4,3$ — очень высокая степень связи с условиями труда). Можно предположить, что резкие изменения указанных показателей крови в самой старшей возрастной группе могут быть связаны со значительным ослаблением адаптационных механизмов при длительном стаже работы (свыше 40 лет), накладываемым на возрастные изменения.

Таким образом, выявленная в нашем исследовании высокая степень связи между наличием контакта с титаном в составе промышленного аэрозоля и РХП кожи, рост степени связи последней от средней до высокой и очень высокой при классе условий труда 3.1 и увеличении возраста работающих (как отмечалось выше, у изучаемых контингентов работающих наблюдалась высокая корреляция возраста и стажа работы) — все это свидетельствует в пользу обусловленности выявляемой патологии

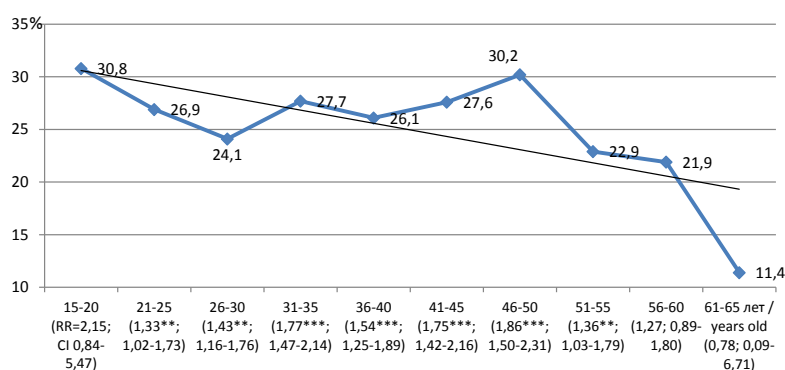


Рис. 3. Распространенность лиц с лейкоцитозом, в зависимости от возраста (%)

Fig. 3. Age-specific proportion of workers with leukocytosis (%)

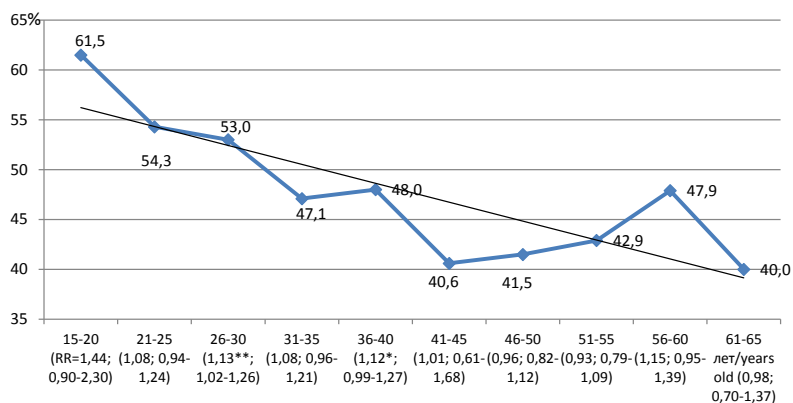


Рис. 4. Распространенность лиц с лимфоцитозом, в зависимости от возраста (%)

Fig. 4. Age-specific proportion of workers with lymphocytosis (%)

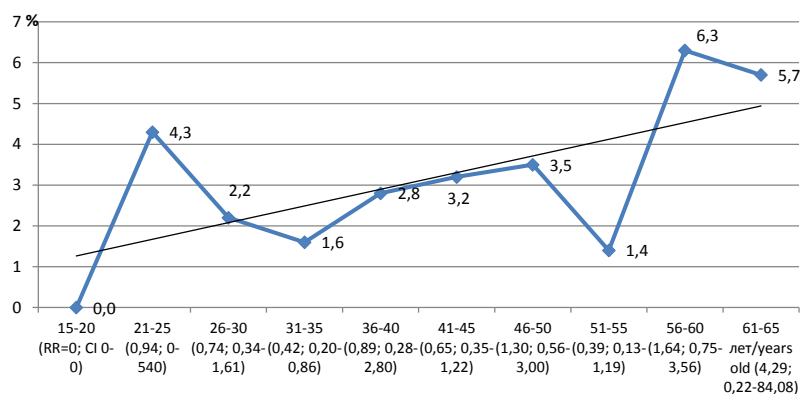


Рис. 5. Распространенность лиц с моноцитозом, в зависимости от возраста (%)

Fig. 5. Age-specific proportion of workers with monocytosis (%)

наличием контакта с титансодержащим аэрозолем. Нельзя исключить, что на возникновение заболеваний кожи влияют и другие компоненты сложных пылегазовых микстов изучаемого производства, обладающие, в том числе, и аллергенным (никель, хром, растворимые соединения молибдена, формальдегид, некоторые формы соединений марганца) и раздражающим (акролеин, кислоты, щелочи) действием, а наличие контакта и концентрация титана в воздухе рабочей зоны изучаемого производства являются своеобразным «маркером» воздействия этих элементов. Так, имеются данные о триггерных свойствах диоксида титана в развитии дерматитов, вызванных другими металлами [17]. Также в настоящее время увеличивается число клинических сообщений о развитии аллергии к титану, находившемуся в организме в составе имплантов, несмотря на известную биологическую совместимость, инертность и малую токсичность металла, при отсутствии других причин сенсibilизации [18–21]. Большая выраженность изменений в группе работников с условиями труда класса 3.1, в которую вошли преимущественно плавильщики и газорезчики, позволяет высказать предположение об участии в формировании кожной патологии наночастиц титана, обладающих более агрессивными токсикологическими свойствами [22, 23]. Нанодиоксид титана способен оказывать иммуномодулирующий эффект даже без проникновения в жизнеспособные слои кожи при интактном кожном барьере. Отмечен эффект соэкспозиции при одновременном нанесении его и химических сенсibilизаторов или аллергенов на кожу. Потенциальный механизм иммуномодуляции связан с образованием протеиновой короны при взаимодействии частиц и биомолекул в биологических жидкостях при поступлении в кровь, индукцией Т-клеток, перемещением ионов и их депонированием в дренажных лимфатических узлах, что увеличивает экспозицию и поддерживает длительную сенсibilизацию («эффект склада») [24]. Отдельным вопросом является высокий риск выявления болезней кожи среди женщин (протит среднего у мужчин), что, возможно, требует отдельного исследования.

В нашем исследовании выявлена связь между наличием экспозиции титана и такими изменениями со стороны периферической крови, как лейко- и моноцитоз. В пользу профессиональной обусловленности лейкоцитоза свидетельствует выявление, как правило, средней (1,6) степени связи с наличием экспозиции титана во всех исследуемых группах, в пользу профессиональной обусловленности моноцитоза — наличие средней (1,6) степени связи с воздействием титана, возрастание степени связи при увеличении КУТ 3.1 (2,3 — высокая степень связи) и в возрастных группах 56–60 и 61–65 лет (1,6 — средняя и 4,3 — очень высокая степень связи соответственно). О возможной связи тромбоцитопении с воздействием титана свидетельствуют: тенденция к повышению частоты тромбоцитопении при КУТ 3.1 (средняя степень связи при ее отсутствии в допустимых условиях труда) и при концентрации титана в воздухе рабочей зоны на уровне 6–10 мг/м³ (средняя степень связи), однако этот вопрос требует дополнительного изучения.

Что касается выявления как в экспонированной группе в целом, так и в отдельных половозрастных группах достоверного увеличения заболеваний органов дыхания, пищеварения, нервной и костно-мышечной систем, заболеваний уха, ЗВУТ болезнями глаз, изменений таких показателей крови, как повышение гемоглобина, числа лимфоцитов, уменьшение относительного количества сегментоядерных нейтрофилов при малой и средней связи с профессиональным воздействием титансодержащего аэрозоля, то они, вероятнее всего, обусловлены комплексным и сочетанным стрессорным воздействием всех производственных факторов риска, характерных для производства титановых сплавов (АПФД, вредные вещества, неблагоприятный микроклимат, шум, вибрация, электромагнитные поля, тяжесть и напряженность труда), не исключено влияние и поведенческих факторов риска.

В целом наши результаты согласуются с материалами научной литературы. В то же время получены новые данные о заболеваемости работающих в производстве титановых сплавов, особенностях ее формирования и возможной обусловленности выявляемых изменений воздействиям титана в составе промышленного аэрозоля, что диктует необходимость проведения дальнейших гигиенических, эпидемиологических и клинических исследований, с привлечением методов многофакторного анализа полученных данных.

Выводы

1. У работающих, имеющих производственный контакт с титаном в составе промышленного аэрозоля, выявлена достоверно более высокая, чем у неэкспонированных лиц того же предприятия, РХП кожи, органов дыхания и пищеварения, а также ЗВУТ болезнями кожи, органов дыхания, костно-мышечной системы, уха и глаза. Отмечалась повышенная распространенность гематологических изменений: увеличение гемоглобина, лейко-, лимфо- и моноцитоз, тромбоцитопения. В исследовании выявлена высокая степень связи РХП кожи и средняя степень связи лейкоцитоза, моноцитоза с наличием профессионального контакта с титаном в составе промышленного аэрозоля.

2. По результатам ПМО установлена достоверно более высокая РХП кожи, органов пищеварения, повышенного гемоглобина, а также тенденция к повышению РХП системы кровообращения, повышенных артериального давления, массы тела и тромбоцитопении у работающих в условиях труда класса 3.1 по среднесменной концентрации титана в воздухе рабочей зоны в сравнении с группой работающих в допустимых условиях труда по данному показателю.

3. Формирование хронической патологии у работников в контакте с титаном в составе промышленного аэрозоля во всех возрастных группах происходило более быстро, чем у неэкспонированных лиц. В самой молодой возрастной группе работников до 25 лет заболеваемость болезнями органов дыхания и кожи по критерию относительного риска уже отвечала критериям профессионально обусловленной при средней степени связи с условиями труда. У работников, начинающих трудовую деятельность, отмечались максимальные распростра-

ненность (в сравнении с другими возрастными группами) и относительный риск (в сравнении с неэкспонированными лицами) лейкоцитоза и лимфоцитоза, а у стажированных работников — повышенного гемоглобина, моноцитоза и тромбоцитопении.

4. Медико-профилактические и оздоровительные программы должны включать все возрастные категории работников, в т. ч. молодых работников со стажем менее 5 лет и работников предпенсионного и пенсионного возраста.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: Е.Л. Базарова, И.С. Ошеров, А.А. Федорук; сбор и обработка материала, статистическая обработка: Е.Л. Базарова, И.С. Ошеров, А.Г. Бабенко; написание текста: Е.Л. Базарова, А.А. Федорук, Н.А. Рослая; редактирование: А.А. Федорук

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы (пп. 4–7, 13–15, 17–24 см. References)

1. Рослая Н.А., Фомин И.Н., Лихачева Е.И. и др. Медицина труда при производстве титановых сплавов // Гигиена: прошлое, настоящее, будущее: науч. тр. ФНЦ им. Ф.Ф. Эрисмана. М., 2001. Вып. 1. С. 364–366.
2. Рослая Н.А., Лихачева Е.И., Вагина Е.Р. и др. Особенности клиники пылевой патологии легких у плавильщиков титановых сплавов // Актуальные проблемы профилактической медицины в Уральском регионе: сб. науч. тр. Екатеринбург, 2002. С. 148–153.
3. Фомин И.Н. Состояние здоровья рабочих плавильщиков титановых сплавов по результатам периодических медицинских осмотров // Вопросы медицины труда и промышленной экологии: сборник научных трудов. Екатеринбург, 2001. С. 23–26.
4. Шляпников Д.М., Власова Е.М. Риск развития связанных с работой заболеваний системы кровообращения у работников титано-магниевого производств // Санитарный врач. 2015. № 10. С. 25–36.
5. Воробьева А.А., Власова Е.М. Состояние респираторного тракта у работников титано-магниевого осмотра // Медицина труда и экология. 2019. № 4. С. 20–25.
6. Уфимцева М.А., Бочкарев Ю.М., Струин Н.Л. и др. Анализ результатов периодического медицинского осмотра дерматовенерологом рабочих, занятых на металлургических производствах Свердловской области // Здоровье населения и среда обитания. 2018. № 12 (309). С. 19–23.
7. Алексеев В.Б., Шляпников Д.М., Власова Е.М. и др. Оценка риска и профилактика патологии органов дыхания у работников титано-магниевого производств // Гигиена и санитария. 2016. Т. 95. № 1. С. 37–41.
8. Носов А.Е., Власова Е.М., Новоселов В.Г. и др. Прогнозирование риска производственно обусловленной патологии у работников титано-магниевого производства. Медицина труда и промышленная экология. 2016. № 8. С. 10–15.
9. Базарова Е.Л., Федорук А.А., Рослая Н.А. и др. Опыт оценки профессионального риска, связанного с воздействием промышленных аэрозолей, в условиях модернизации металлургического предприятия // Здоровье населения и среда обитания. 2019. № 1 (310). С. 38–45.
10. Hussain S, Thomassen LC, Ferecatu I, et al. Carbon black and titanium dioxide nanoparticles elicit distinct apoptotic pathways in bronchial epithelial cells. *Part Fibre Toxicol.* 2010; 7:10. DOI: <https://doi.org/10.1186/1743-8977-7-10>
11. Liao CM, Chiang YH, Chio CP. Model-based assessment for human inhalation exposure risk to airborne nano/fine titanium dioxide particles. *Sci Total Environ.* 2008; 407(1):165–177. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.09.028>
12. Ling MP, Chio CP, Chou WC, et al. Assessing the potential exposure risk and control for airborne titanium dioxide and carbon black nanoparticles in the workplace. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2011; 18(6):877–89. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-011-0447-y>
13. *Current Intelligence Bulletin 63. Occupational exposure to titanium dioxide.* DHHS (NIOSH) Publication No. 211–160, 2011. 160 p.
14. Shlyapnikov DM, Vlasova EM. The risk of developing work-related circulatory diseases in workers of titanium and magnesium production. *Sanitariya Vrach.* 2015; (10):25–36. (In Russian).
15. Vorobeva AA, Vlasova EM. Respiratory treatment status for employees of titanium-magnesium production. *Meditsina Truda i Ekologiya Cheloveka.* 2019; (4):20–25. (In Russian).
16. Ufimtseva MA, Bochkarev YM, Struin NL, et al. Analysis of the results of periodic medical examinations by dermatovenereologist of workers employed at metallurgical enterprises of Sverdlovsk region. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya.* 2018; (12(309)):19–23. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2018-309-12-19-23>
17. Alekseyev VB, Shlyapnikov DM, Vlasova EM, et al. Risk assessment and prevention of respiratory diseases in workers occupied in titanium and magnesium production. *Gigiena i Sanitariya.* 2016; 95(1):37–41. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2016-95-1-37-41>
18. Nosov AE, Vlasova EM, Novoselov VG, et al. Forecasting a risk of occupationally related diseases in workers engaged into titanium-magnesium production. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya.* 2016; (8):10–15. (In Russian).
19. Xu HD, Zhou JW, Tang SC, et al. [Evaluation of health effect among occupational population exposed to nano-titanium dioxide: a cross-sectional study.] *Zhonghua Yu Fang Yi Xue Za Zhi.* 2016; 50(11):976–981. (In Chinese). DOI: <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.0253-9624.2016.11.011>
20. Kang SJ, Kim BM, Lee YJ, et al. Titanium dioxide nanoparticles trigger p53-mediated damage response in peripheral blood lymphocytes. *Environ Mol Mutagen.* 2008; 49(5):399–405. DOI: <https://doi.org/10.1002/em.20399>
21. Kongseng S, Yoovathaworn K, Wongprasert K, et al. Cytotoxic and inflammatory responses of TiO2 nanoparticles on human peripheral blood mononuclear cells. *J Appl Toxicol.* 2016; 36(10):1364–1373. DOI: <https://doi.org/10.1002/jat.3342>
22. Bazarova EL, Fedoruk AA, Roslaya NA, et al. Assessment experience of occupational risk associated with exposure to industrial aerosols under the conditions of metallurgical enterprise modernization. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya.* 2019; (1(310)):38–45. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2019-310-1-38-45>
23. Thomas P, Bandl WD, Maier S, et al. Hypersensitivity to titanium osteosynthesis with impaired fracture healing, eczema, and T-cell hyperresponsiveness in vitro: case report and review of the literature. *Contact Dermatitis.* 2006; 55(4):199–202. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0536.2006.00931.x>
24. Nawaz F, Wall BM. Drug rash with eosinophilia and systemic symptoms (DRESS) syndrome: suspected association with titanium bioprosthesis. *Am J Med Sci.* 2007; 334(3):215–8. DOI: <https://doi.org/10.1097/MAJ.0b013e318141f723>
25. Hettige S, Norris JS. Mortality after local allergic response to titanium cranioplasty. *Acta Neurochir (Wien).* 2012; 154(9):1725–6. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00701-012-1429-7>
26. Coulter I, Lee M, Zakaria R, et al. Pin site allergic contact dermatitis: an unusual complication of halo fixation. *Br J Neurosurg.* 2012; 26(4):566–7. DOI: <https://doi.org/10.3109/02688697.2012.683464>
27. Danesh M, Murase JE. Titanium dioxide induces eyelid dermatitis in patients allergic to gold. *J Am Acad Dermatol.* 2015; 73(1):e21. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2015.03.046>
28. Dunford R, Salinaro A, Cai L, et al. Chemical oxidation and DNA damage catalysed by inorganic sunscreen ingredients. *FEBS Lett.* 1997; 418(1-2):87–90. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0014-5793\(97\)01356-2](https://doi.org/10.1016/s0014-5793(97)01356-2)
29. Wamer WG, Yin JJ, Wei RR. Oxidative damage to nucleic acids photosensitized by titanium dioxide. *Free Radic Biol Med.* 1997; 23(6):851–858. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0891-5849\(97\)00068-3](https://doi.org/10.1016/s0891-5849(97)00068-3)
30. Yoshioka Y, Kuroda E, Hirai T, et al. Allergic responses induced by the immunomodulatory effects of nanomaterials upon skin exposure. *Front Immunol.* 2017; 16(8):169. DOI: <https://doi.org/10.3389/fimmu.2017.00169>

References

1. Roslaya NA, Fomin IN, Likhacheva EI, et al. [Occupational medicine in the production of titanium alloys.] In: *Hygiene: the past, the present and the future: Proceedings of F.F. Erisman Federal Scientific Centre of Hygiene.* Moscow, 2001. Issue 1. Pp. 364–366. (In Russian).
2. Roslaya NA, Likhacheva EI, Vagina ER, et al. [Clinical features of dust-induced lung diseases in titanium alloys smelter workers.] In: *Current issues of preventive medicine in the Ural region: Collection of research papers.* Yekaterinburg, 2002. Pp. 148–153. (In Russian).
3. Fomin IN. Condition of health of workers exposed to titanium alloy smelters according to the results of periodic medical examinations. In: *Issues of occupational medicine and industrial ecology: Collection of research papers.* Yekaterinburg, 2001. Pp. 23–26. (In Russian).

© Харитонов В.В., 2021

УДК 613.693

Гигиеническая характеристика акустической обстановки в салоне вертолета Ми-8

В.В. Харитонов

ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (филиал «Взлёт») Минобрнауки России,
ул. Добролюбова, д. 5, г. Ахтубинск, Астраханская обл., 416501, Российская Федерация

Резюме: *Введение.* Эксплуатация вертолета Ми-8 сопряжена с генерацией его силовыми установками высокоинтенсивных широкополосных шумов, а комплексная гигиеническая оценка акустической обстановки в салоне вертолета в натурных условиях не проводилась. *Цель работы:* дать гигиеническую характеристику акустической обстановки в салоне вертолета Ми-8. *Материалы и методы.* Акустические измерения проводили внутри центрального салона вертолета Ми-8 при работе силовой установки на земле на трех режимах работы двигателей: при запуске, в режиме работы «малый газ» и при крейсерском полете в режиме «правой коррекции». Измерительные микрофоны размещали во время записи сигнала на стойке на уровне уха человека в шести точках, расположенных рядом с имеющимися в салоне откидными креслами. Измерения акустических характеристик проводили с помощью цифрового шумомера SVAN-945A и микрофона типа GRAS 40AZ. При обработке результатов руководствовались требованиями санитарно-эпидемиологических правил, санитарных норм и общих тактико-технических требований Военно-воздушных сил. *Результаты.* В исследовании измерены значения нормируемых показателей шума на местах экипажа вертолета Ми-8, уровни звукового давления наиболее значимых тональных частот в его центральном отсеке. Для установления наличия тонального шума проведен третьоктавный анализ зарегистрированных акустических сигналов. В центральном отсеке вертолета измерены значения нормируемых показателей инфразвука и общего уровня звукового давления во всем нормируемом диапазоне частот. *Обсуждение.* Установлено, что уровни звукового давления практически во всех звуковых октавах и эквивалентный уровень звука на всех режимах работы силовой установки вертолета превышают предельно допустимые уровни, а в области инфразвука находятся в пределах нормы (кроме частоты 16 Гц). Показано, что класс условий труда по шуму соответствует вредному классу 3.3, а по инфразвуку – классу 2. Согласно санитарным правилам, экипажами вертолетов должны применяться противошумные, обеспечивающие перекрытие поступления шума в орган слуха как воздушным, так и костным путем. *Заключение.* Объективно существующие риски развития шумовой и инфразвуковой патологии обуславливают необходимость постоянного мониторинга условий труда и здоровья экипажей вертолетов Ми-8.

Ключевые слова: авиационная гигиена, экипаж вертолета, шум, инфразвук, рабочие места, класс условий труда, риск здоровью, средства защиты от шума.

Для цитирования: Харитонов В.В. Гигиеническая характеристика акустической обстановки в салоне вертолета Ми-8 // Здоровье населения и среда обитания. 2021. № 2 (335). С. 54–61. DOI: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-335-2-54-61>

Информация об авторах:

✉ Владимир Васильевич Харитонов – ст.н.с. ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (филиал «Взлёт»); e-mail: gniiivm-h@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9999-4911>.

Hygienic Characteristics of the Acoustic Environment in the Mi-8 Helicopter Cabin

V.V. Kharitonov

Moscow Aviation Institute (National Research University) (Vzlyot Branch) of the Russian Ministry of Education and Science, 5 Dobrolyubov Street, Akhtubinsk, Astrakhan Region, 416501, Russian Federation

Summary. *Introduction:* The Mi-8 helicopter generates high-intensity broadband noises by its turboshaft engines where-as a comprehensive hygienic assessment of the acoustic environment in the helicopter cabin has not been conducted. The *purpose* of the study was to assess the acoustic environment in the Mi-8 helicopter cabin. *Materials and methods:* Acoustic measurements were carried out on the ground, inside the central cabin of the Mi-8 helicopter in three operating modes of the turboshaft engines: at startup, in the idle mode, and during cruise flight in the “right correction” mode. Measuring microphones were placed during the recording of the signal on a stand at the level of the human ear at six points located next to the reclining seats in the cabin. Acoustic indicators were measured using an SVAN-945A digital sound level meter and a GRAS 40AZ microphone. The collected data were processed in accordance with the requirements of sanitary and epidemiological rules, sanitary standards, and general tactical and technical requirements of the Air Force. *Results:* Values of regulated noise indicators at the seats of the Mi-8 helicopter crew, sound pressure levels of the most significant tonal frequencies in its central compartment were measured. To establish the presence of tonal noise, a one-third octave analysis of the recorded acoustic signals was carried out. In the central compartment of the helicopter, the values of the regulated infrasound indices and the general sound pressure level were measured in the entire regulated frequency range. *Discussion:* It was found that the sound pressure levels in almost all sound octaves and the equivalent sound level in all operating modes of the helicopter engines exceed the permissible exposure limits while in the infrasound region they are within the normal range (except for the frequency of 16 Hz). Thus, the class of working conditions by noise corresponds to hazard class 3.3, and by infrasound – to class 2. According to the sanitary regulations, helicopter crews should use noise suppressors to protect themselves from high noise exposures through air and bone conduction. *Conclusion:* The existing risks of developing a noise and infrasound-induced diseases necessitate constant monitoring of working conditions and health of the crews of Mi-8 helicopters.

Keywords: aviation hygiene, helicopter crew, noise, infrasound, workplaces, class of working conditions, health risk, noise protection equipment.

For citation: Kharitonov VV. Hygienic characteristics of the acoustic environment in the Mi-8 helicopter cabin. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021; (2(335)):54–61. (In Russian) DOI: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-335-2-54-61>

Author information:

✉ Vladimir V. Kharitonov, Senior Researcher Moscow Aviation Institute (National Research University) (Vzlyot Branch) of the Russian Ministry of Education and Science; e-mail: gniiivm-h@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9999-4911>.

Введение. Вертолет Ми-8 — советский/российский многоцелевой вертолет, разработанный в начале 1960-х годов, в настоящее время являющийся самым массовым двухдвигательным вертолетом, эксплуатируемым более чем в 50 странах мира. Эксплуатация вертолета сопряжена с генерацией его силовыми установками высокоинтенсивных широкополосных шумов. Комплексная гигиеническая оценка акустической обстановки в салоне вертолета Ми-8 в натурных условиях не проводилась — главным образом, из-за отсутствия портативного оборудования регистрации акустических колебаний, появившегося в начале XXI века.

Цель работы: дать гигиеническую характеристику акустической обстановки в салоне вертолета Ми-8.

Материалы и методы. Измерения акустических характеристик проводили с помощью цифрового шумомера SVAN-945A (анализатор спектра 1 класса) и микрофона типа GRAS 40AZ. Измерения проводились в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9612—2016¹. Калибровка шумомера проводилась в соответствии с требованиями ГОСТ 20296—2014².

Акустические измерения проводили внутри центрального салона вертолета Ми-8 при работе силовой установки на земле на трех режимах работы двигателей: при запуске, в режиме работы «малый газ» и при крейсерском полете в режиме «правой коррекции». Измерительные микрофоны размещали во время записи сигнала на стойке на высоте 1,2 м от поверхности пола (на уровне уха пассажира) в шести точках, расположенных рядом с имеющимися в салоне откидными креслами [1–3].

При обработке результатов руководствовались требованиями санитарно-эпидемиологических правил СанПиН 2.2.4.3359—16³, санитарных норм СН 2.2.4/2.1.8.562—96⁴ и общих тактико-технических требований Военно-воздушных сил (ОТТ ВВС—2015).

В соответствии с СанПиН 2.2.4.3359—16 нормируемыми параметрами шума на рабочих местах являются:

- эквивалентный уровень звука (УЗ) по шкале А за рабочую смену (L_{Aeq} , дБА), предельно допустимый уровень (ПДУ) его для гражданской авиации не должен превышать 85 дБА в соответствии с ГОСТ 20296—2014;

- максимальные УЗ по шкале А, измеренные с временными коррекциями S и I , не превышающие 110 дБА и 125 дБА (L_{AStmax} и $L_{AIStmax}$, дБА соответственно).

- пиковый УЗ по шкале С, не превышающий 137 дБС (L_{PicC} , дБС).

В соответствии с ОТТ ВВС—2015 для военной авиации для продолжительности полета от 4 до 8 ч установлен L_{Aeq} , равный 85 дБА.

Превышение любого нормируемого параметра считается недопустимым. В случае превышения на рабочем месте установленного уровня шума работодатель должен провести оценку риска здоровью работающих и подтвердить приемлемый риск здоровью работающих [4–7]. Работы в условиях воздействия эквивалентного уровня шума выше 85 дБА не допускаются.

В соответствии с СанПиН 2.2.4.3359—16 нормируемыми параметрами инфразвука (ИЗ) и ПДУ являются:

- эквивалентные уровни звукового давления (УЗД) за рабочую смену в октавных полосах частот 2, 4, 8, 16 Гц — $L_{p,1/1,eq,8h}$, дБ, которые для средств транспорта УЗД не должны превышать 110 дБ, 105 дБ, 100 дБ и 95 дБ соответственно;

- эквивалентный общий уровень ИЗ за рабочую смену — $L_{p,ZI,eq,8h}$, дБ (для средств транспорта не должен превышать 110 дБ);

- максимальный общий уровень ИЗ, измеренный с временной коррекцией S (медленно), не должен превышать 120 дБ.

В соответствии с ОТТ ВВС—2015 для военной авиации ИЗ не включен в нормируемый фактор.

Рассчитаны параметры, рекомендуемые СанПиН 2.2.4.3359—16 для гигиенической оценки условий труда, что позволило оценить риск здоровью обслуживающего персонала вертолета.

Результаты. В табл. 1 представлены измеренные значения нормируемых показателей шума на местах пассажиров вертолета Ми-8 при работе силовой установки в режиме «правой коррекции» (мощность работы двигателя 83–84 %).

При измерениях время записи сигнала в каждой точке составляло не менее двух минут. С учетом измеренных данных рассчитаны эквивалентные уровни за 8-часовой рабочий день. Эквивалентный УЗД по шкале А за рабочую смену — $L_{p,Aeq,8h}$, дБА, измеренный и рассчитанный за 8-часовой рабочий день, определяли с учетом поправок на импульсный и тональный шум [1, 8, 9]:

$$L_{p,Aeq,8h} = 10 \lg \left(\frac{1}{T_0} \sum_i T_i 10^{0.1(L_{p,Aeq,T_i} + K_i)} \right)$$

где T_0 — нормативная продолжительность рабочей смены (ч); T_i — продолжительность i -го интервала действия шума, (ч); L_{p,Aeq,T_i} — эквивалентный УЗД, измеренный на i -м интервале действия шума, дБА; K_i — поправка на характер шума, равная 5 дБ в случае тонального и (или) импульсного шума (применяется при $L_{p,Aeq,T_i} > 75$ дБА, во всех других случаях принимается $K_i = 0$ дБ).

Предварительно принимали, что импульсный или тональный шум отсутствует и коэффициент $K_i = 0$. Результаты расчета L_{Aeq} для летной смены

¹ ГОСТ Р ИСО 9612—2016 «Акустика. Измерения шума для оценки его воздействия на человека. Метод измерений на рабочих местах».

² ГОСТ 20296—2014 «Самолеты и вертолеты гражданской авиации. Допустимые уровни шума в салонах и кабинах экипажа и методы измерения шума».

³ СанПиН 2.2.4.3359—16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах» (утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 21 июня 2016 года № 81).

⁴ СН 2.2.4/2.1.8.562—96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» (утверждены и введены в действие Постановлением Госкомсанэпиднадзора России от 31 октября 1996 г. № 36).

Таблица 1. Измеренные значения нормируемых показателей шума
Table 1. Measured values of regulated noise indicators

Номер точки измерения / Measuring point number	$L_{A_{экв}}$, дБА / $L_{A_{eq}}$, dBA	$L_{A_{Smin}}$ дБА / $L_{A_{Smin}}$, dBA	$L_{A_{Imax}}$, дБА / $L_{A_{Imax}}$, dBA	$L_{P_{пикС}}$, дБС / L_{PeakC} , dBC	$L_{A_{экв}}$ за 2,5 ч полета, дБА / $L_{A_{eq}}$ for 2.5 hours of flight, dBA	Допустимое время полета, ч / Permissible flight time, hours
1	97,4* **	99,4	105,5	118,3	92,3* **	0,46
2	96,5* **	97,7	103,4	117,3	91,4* **	0,57
3	97,0* **	99,5	105,3	118,2	91,9* **	0,5
4	96,8* **	97,4	103,7	118,9	91,7* **	0,53
5	95,5* **	96	102,3	117,3	90,4* **	0,71
6	93,0* **	93,6	98,0	117,2	88,0	1,28
ПДУ / PEL*	85	110	125	137	90	8
ПДУ / PEL**	85	—	—	—	90	—

Примечание: * – превышение ПДУ для 8-часового рабочего дня согласно ГОСТ 20296–2014 «Самолеты и вертолеты гражданской авиации. Допустимые уровни шума в салонах и кабинах экипажей и методы измерения шума»; ** – превышение ПДУ для 8-часового рабочего дня согласно ОТТ ВВС–2015.

Notes: * – excess of the permissible exposure limit (PEL) for an 8-hour working day in accordance with GOST 20296–2014, Aircrafts and helicopters of civil aviation. Acceptable noise levels in flight decks and cabins and methods of noise measurement; ** – excess of the permissible exposure limit for an 8-hour working day according to general technical requirements of the air force OTT VVS-2015.

в течение 8 ч и одного полета продолжительностью 2,5 ч приведены в табл. 1. При летной смене 8 ч $L_{A_{экв}}$ во всех точках превышает ПДУ от 8,0 до 12,4 дБА. При снижении летного времени до 2,5 ч этот параметр продолжает превышать ПДУ в точках № 1–5 на 2,3 дБА. Из этого следует, что персонал, находящийся в центральном отсеке вертолета Ми-8, при длительности полета от 2,5 ч до 8 ч подвергается некомпенсированному (сверхнормативному) действию шума. Проведенный расчет допустимого времени пребывания личного состава на борту вертолета при времени полета 2,5 ч показал, что в зависимости от точки измерения оно составило от 30 мин до 80 мин (табл. 1). Следовательно, при длительности полета вертолета более 30 мин персонал центрального отсека обязан применять средства индивидуальной защиты (СИЗ) от шума [8].

Максимальные уровни звука в точках № 1–6, зарегистрированные с временной коррекцией S (93,6...99,5 дБА) и I (98,0...105,5 дБА), не превышают допустимых значений (соответственно 110 дБА и 125 дБА). При этом разница между этими параметрами не превышает 7 дБА, поэтому шум не относится к импульсному. Пиковые УЗ также не превышают ПДУ (137 дБС). Следовательно, шум в центральном отсеке вертолета Ми-8 нельзя характеризовать как импульсный.

Далее была проведена проверка наличия тонального шума, то есть шума, в спектре которого имеются выраженные тоны. В соот-

ветствии с СанПиН 2.2.4.3359–16 тональный характер шума устанавливается измерением УЗД в 1/3-октавных полосах частот в диапазоне от 25 Гц до 10 000 Гц по превышению уровня в одной из 1/3-октавных полос над соседними не менее чем на 10 дБ или по превышению суммарного уровня двух соседних 1/3-октавных полос, уровни которых отличаются менее чем на 3 дБ, а над соседними – не менее чем на 12 дБ.

Выполненный в точке 4 центрального отсека вертолета Ми-8 анализ характерного спектра акустического сигнала в диапазоне частот от 2 Гц до 1 кГц позволил выявить в его составе наиболее энергоемкие УЗД на частотах до 1 кГц, на более высоких частотах УЗД существенно ниже. Спектр акустического сигнала представляет собой совокупность широкополосного шума и высокоинтенсивных тональных компонент, максимум УЗД зафиксирован в точке 4 на частоте 68 Гц и равен 102,5 дБ.

Акустический сигнал, зарегистрированный в других точках салона вертолета, имеет максимумы на других частотах. При этом обращает на себя внимание наличие множества тонов (гармоник). В табл. 2 приведены УЗД наиболее значимых тональных частот в точках № 1–6 центрального отсека.

Спектр зарегистрированного сигнала во всех точках салона вертолета Ми-8 свидетельствует о наличии высокоинтенсивного тонального шума. При равномерном вращении винта возмущение среды происходит периодически, поэтому спектр

Таблица 2. УЗД наиболее значимых тональных частот в центральном отсеке вертолета
Table 2. Sound pressure levels of the most significant tonal frequencies in the central compartment of the helicopter

Частота тона, Гц / Tonal frequency, Hz	УЗД в точках измерения, дБ / Sound pressure levels at measuring points, dB					
	1	2	3	4	5	6
15	91,8	95,5	94,4	92,9	94,2	99,1
32	85,1	90,7	89	90,7	89,1	90
48	92,7	90,8	95,4	92,9	92,2	95,2
55	—	96,9	—	96,6	—	92,6
68	89,6	90,2	89,5	102,5	91,4	91
97	81,7	82,1	82,4	84,6	86,3	89
111	81,8	93,2	91,6	94,6	99,5	95,6
166	—	92,7	—	90,7	87,2	88,2

Примечание: знаку «—» соответствуют УЗД менее 80 дБ.

Notes: “—” indicates sound pressure levels < 80 dB.

шума вращения имеет линейчатую структуру. В спектре сигнала выделяются 8 дискретных гармоник (табл. 2).

Наличие тональных компонент может быть обусловлено несколькими механизмами их образования. Решение этих вопросов требует проведения дополнительных акустических измерений [1–3]. Они должны выполняться одновременно внутри и снаружи вертолета с обязательной регистрацией скорости вращения обоих винтов и синхронизацией времени записи микрофонов [9]. Наличие на борту вертолета источников тональных сигналов и возможность резонансов в закрытом пространстве, особенно при низкочастотном спектре внешнего шума, создают нестационарное акустическое поле, что является причиной искажения истинной картины формирования тональных сигналов. Учет резонансных явлений необходим для определения технических путей борьбы с шумом.

Для установления наличия тонального шума, в соответствии с требованиями СанПиН 2.2.4.3359–16, проведен третьоктавный анализ зарегистрированных сигналов, результаты которого представлены в табл. 3.

Анализ табл. 3 свидетельствует о превышении уровня в 1/3-октавных полос с центральными частотами 25 Гц и 32 Гц в точке № 2, а также 50 Гц и 63 Гц в точке № 4 (в таблице выделено полужирным шрифтом) над соседними более чем на 10 дБ и по превышению суммарного уровня двух соседних 1/3-октавных полос, уровни которых отличаются менее чем на 3 дБ над соседними не менее чем на 12 дБ. Это позволяет утверждать, что в центральном отсеке вертолета присутствует тональный шум.

Таким образом, в салоне вертолета Ми-8 наряду с широкополосным шумом имеется тональный шум, потому для расчета L_{Aeq} за рабочую смену необходимо использовать коэффициент $K_i = 5$ дБ.

Установление факта наличия тонального шума в соответствии с СанПиН 2.2.4.3359–16 связано с сопоставлением УЗД в соседних 1/3-октавных полосах, что не всегда корректно, так как не учитываются особенности формирования звукового поля в замкнутом объеме, которым и является центральный отсек вертолета Ми-8. В замкнутых объемах, как правило, всегда формируется звуковое поле с полуволновыми гармониками на низких и инфразвуковых частотах. Гармоники тонального шума попадают в соседние 1/3-октавные частотные полосы, поэтому разница в УЗД между ними будет

невысокой (ниже 10 дБ). Это обстоятельство, в соответствии с действующими нормами, не позволяет однозначно констатировать наличие тонального шума. Следовательно, несовершенство санитарных норм и критериев определения характера шума затрудняет выбор критериев оценки условий труда и выбора СИЗ от шума.

Характер спектра шума в салоне вертолета Ми-8 свидетельствует, что максимум спектральной плотности находится в диапазоне частот 22–500 Гц. При измерении у таких шумов параметра L_{Aeq} используется шкала А, поэтому на частотах 31,5...500 Гц автоматически происходит коррекция в сторону снижения УЗД от 3 до 42 дБ, то есть существенно «зарезается» интенсивность акустического сигнала в этом диапазоне. Использование при оценке «сложных» шумов только эквивалентного УЗД (L_{Aeq}) не отражает реальную картину биологического действия шума, так как не учитываются неблагоприятные эффекты инфра- и низкочастотных колебаний [3, 4].

В табл. 4 приведены измеренные в точках № 1–6 центрального отсека вертолета Ми-8 значения нормируемых показателей ИЗ, рекомендуемые СанПиН 2.2.4.3359–16. Дополнительно в эту таблицу включен параметр общий УЗД (L_{U3D}), зарегистрированный по линейной шкале во всем нормируемом диапазоне частот (2–8000 Гц).

Из табл. 4 следует, что УЗД в октавных полосах инфразвуковых частот 2, 4 и 8 Гц в центральном отсеке вертолета не превышают ПДУ во всех точках. В октавной полосе с центральной частотой 16 Гц в точках № 1, 2, 5, 6 УЗД превышает ПДУ на 0,8–3,8 дБ. Общий УЗД инфразвука ($L_{p,ZI,eq}$) и максимальный УЗД (L_{Smax}) не превышен. Распределение УЗД на всех частотах ИЗ по всем точкам центрального отсека равномерное, отличие достигает не более 1,5 дБ. Это обстоятельство свидетельствует о том, что инфразвуковой шум на рабочих местах в центральном отсеке вертолета широкополосный и равномерный.

В последнем столбце табл. 4 приведены величины L_{U3D} (дБ Лин). В настоящее время этот показатель в действующих нормативах не используется. Однако он дает дополнительную информацию при оценке характера шума.

Во-первых, его величина существенно выше (на 10 дБ) значений нормируемого $L_{p,ZI,eq}$, то есть он показывает совокупную реальную акустическую нагрузку на человека с учетом инфра- и звукового диапазонов.

Таблица 3. Результаты третьоктавного анализа зарегистрированных акустических сигналов

Table 3. Results of one-third-octave analysis of recorded acoustic signals

Центральные частоты 1/3 октавных полос, Гц / Center frequencies of 1/3 octave bands, Hz	УЗД в точках измерения, дБ / Sound pressure levels at the measuring points, dB					
	1	2	3	4	5	6
25	88,6	83,3	85,5	85,9	85,3	85,0
31,5	90,9	95,3	91,9	90,4	93,9	93,1
40	92,5	90,8	95,3	88,2	90,1	91,1
50	98,5	99,6	100,9	100,5	97,7	100,6
63	98,3	94,5	95,8	103,7	95,2	97,7
80	92,0	92,7	92,4	91,2	92,6	91,9
100	93,0	95,8	95,0	96,8	100,6	97,7
125	91,0	91,0	93,7	95,0	94,0	93,1

Таблица 4. Измеренные значения нормируемых показателей инфразвука
Table 4. Measured values of regulated infrasound indices

Номер точки измерения / Measuring point number	Уровни звукового давления (дБ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами (Гц) / Sound pressure levels (dB) in octave bands with geometric mean frequencies (Hz)				$L_{p,ZL,eq,8h}$, дБ / dB (L_{inf})	L_{max} , дБ / dB	$L_{узд}$, дБ Лин / L_{SPL} , dB Lin
	2	4	8	16			
1	58,2	80,1	84,3	95,9*	98,5	107,5	105,1
2	59,4	81,2	83,9	95,8*	98,9	106,4	105,1
3	57,9	80,5	84,4	93,6	97,1	107,3	105,4
4	58,6	81,6	84,4	93,9	97,8	107,7	106,6
5	59,9	81,7	85,8	95,8*	98,4	107,3	105,3
6	60,0	81,6	85,7	98,8*	102,2	108,0	105,6
ПДУ / PEL	110	105	100	95	110	120	—

Примечание: см. табл. 1.

Notes: see Table 1.

Во-вторых, разница между величинами $L_{узд}$ (105,1–106,4 дБ Лин) и величинами $L_{Аэкв}$ (93,0–97,4 дБА) практически превышает 10 дБ, тем самым указывая на наличие в спектре измеряемого шума максимума спектральной плотности в области ИЗ и/или низких частот. Из этого следует, что при разнице между вышеуказанными величинами более чем 10 дБ необходимо проводить измерение не только в звуковом диапазоне, но и инфразвуковом, а также записать сигнал для последующего спектрального анализа. Этот методический подход целесообразно использовать на предварительном этапе оценки акустической обстановки при отсутствии спектральной обработки.

Общий уровень ИЗ практически не превышает ПДУ. Наличие ИЗ в спектре вертолетного шума требует его обязательной идентификации на предварительном этапе измерений с последующей гигиенической оценкой. Сочетание ИЗ и интенсивного шума с максимумом спектра в области низких частот создает условия для кумуляции неблагоприятных эффектов от каждого из них [15–18].

Обсуждение. Установлено, что величина УЗД практически во всех звуковых октавах и эквивалентный УЗ ($L_{Аэкв}$) на всех режимах работы силовой установки вертолета превышают ПДУ, а в области ИЗ он находится в пределах нормы (кроме частоты 16 Гц). На основании полученных данных, согласно Руководству Р 2.2.2006–05⁵, в табл. 5 представлены классы условий труда (КУТ) по шуму и ИЗ в центральном отсеке вертолета Ми-8 в зависимости от характера спектра.

Из табл. 5 следует, что если вертолетный шум по характеру спектра классифицировать

как широкополосный, то КУТ в гражданской и государственной авиации по шуму будет соответствовать вредному классу 3.2, а по ИЗ – допустимому классу 2. Если же этот шум классифицировать как тональный, поскольку в нем имеются выраженные тоны, то необходима поправка уровня шума на + 5 дБ. В этом случае $L_{Аэкв}$ тоже увеличится на 5 дБ и превышение ПДУ составит 17 дБ, то есть класс условий труда по шуму будет соответствовать вредному классу 3.3. В соответствии с критериями оценки профессионального риска на рабочих местах, где условия труда (на основании оценки условий труда) соответствуют вредным и опасным, по степени весомости доказательств профессиональный риск здоровью от вертолетного шума нужно относить к категории «подозреваемый профессиональный риск» [4, 19, 20].

Сложный характер шума внутри вертолета (наличие широкополосного шума и тонов в спектре) затрудняет оценку характера шума, рекомендуемую СанПиН 2.2.4.3359–16. Это обусловлено тем, что механизм образования тонов сложный (гармоники и резонансы), что создает трудности при составлении экспертного заключения для гигиенической оценки шума. По-видимому, в такой ситуации нужно исходить из наибольшей степени опасности риска здоровью персонала, то есть характер шума внутри вертолета надо классифицировать как тональный шум, который имеет более весомое значение при оценке КУТ.

На основании собственных данных, полученных при обследовании авиационных специалистов, и данных литературы установлено, что действие авиационного шума сопровождается

Таблица 5. Классы условий труда по шуму и ИЗ в центральном отсеке вертолета Ми-8

Table 5. Classes of working conditions by noise and infrasound in the central compartment of the Mi-8 helicopter

Производственный вредный фактор / Occupational risk factor	Широкополосный шум / Broadband noise			Тональный шум / Tonal noise		
	Уровень / Level	Превышение ПДУ, дБ / Excess of PEL, dB	КУТ / CWC	Уровень / Level	Превышение ПДУ, дБ / Excess of PEL, dB	КУТ / CWC
Шум ($L_{Аэкв}$, дБА) / Noise (L_{Aeq} , dBA)	97	12	3.2	102	17	3.3
ПДУ / PEL	85			85		
Инфразвук ($L_{p,ZL,eq,8h}$, дБ) / Infrasound ($L_{p,ZL,eq}$, dB)	98	—	2	98	—	2
ПДУ / PEL	110*			110*		

Примечание: см. табл. 1.

Note: see Table 1.

Abbreviations: PEL, permissible exposure limit; CWC, class of working conditions.

⁵ Р 2.2.2006–05 «Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» (утв. Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации Г.Г.Онищенко 29 июля 2005 г.)

увеличением как общей заболеваемости, так и болезней, характерных для действия шума и ИЗ [4, 15–17]. В настоящее время имеется достаточно сведений, указывающих на повышенную общую и профессиональную заболеваемость персонала при действии авиационного шума. Поэтому вертолетный шум необходимо рассматривать как предполагаемый профессиональный риск здоровью вертолетных экипажей, то есть вероятность риска становится еще выше. Чтобы риск стал абсолютным, необходимо провести оценку заболеваемости личного состава вертолетов. В проведенных исследованиях установлено, что независимо от режима работы силовых установок вертолета параметры шума в звуковом диапазоне превышают ПДУ, что создает риски здоровью людей, находящихся в центральном отсеке. УЗД в области ИЗ не превышают достаточно высокие нормативы для транспортных средств (110 дБ). Однако сочетание интенсивного шума с ИЗ и общей вибрации, которые имеют определенное сходство по физическим свойствам и вредному действию на человека, существенно повышает риск развития профессиональных и профессионально обусловленных заболеваний у вертолетных экипажей.

Изучение акустических параметров показало, что личный состав, располагающийся в центральном отсеке вертолета во время полета, подвергается действию шума, превышающего ПДУ независимо от режима работы силовой установки. Расчет L_{Aeq} показал, что уже через 30 мин полета доза шума превышает ПДУ, следовательно, согласно действующим санитарным правилам, в таких случаях должны применяться СИЗ от шума. Учитывая низкочастотный характер вертолетного шума, это должны быть противошумы, которые способны перекрыть поступления шума в орган слуха как воздушным, так и костным путем [4, 10–14].

В государственной авиации члены летного экипажа вертолетов обеспечены СИЗ от шума. Во время полетов им предписано находиться в защитных шлемах (ЗШ-17 В, ЗШ-7 В и др.), которые обладают шумозащитными свойствами. Они имеют достаточную звукоизоляцию до 30–40 дБ на частотах 6–8 кГц и низкую – до 10 дБ на частотах 125–500 Гц. В области ИЗ данных по звукоизоляции ЗШ нет. В связи с существенным снижением поглощения звука с уменьшением частоты можно прогнозировать отсутствие этого эффекта в области ИЗ. Из этого следует, что акустическая нагрузка на орган слуха у летного экипажа будет находиться в пределах ПДУ и риски развития нейросенсорной тугоухости у них будут ниже по сравнению с персоналом, находящимся в центральном отсеке. Однако наличие ЗШ не обеспечит защиту от неспецифического действия низкочастотного шума, сочетающегося с интенсивным ИЗ, и общей вибрации. Это позволяет прогнозировать риск развития у персонала вертолетов ряда заболеваний (органов дыхания, сердечно-сосудистой и нервной систем, органа зрения, опорно-двигательного аппарата). Наличие шумовой патологии может стать причиной профессиональной дисквалификации, требует проведения врачебной экспертизы и реализации персонифицированного

мониторинга условий труда экипажей вертолета Ми-8 [21–24].

Заключение

Экипаж вертолетов подвергается сочетанному действию интенсивного шума, ИЗ и общей вибрации, неблагоприятное воздействие которых обуславливает высокие риски здоровью летных экипажей вертолетов. Условия труда экипажа вертолета Ми-8 по шуму соответствуют вредным условиям труда. При их оценке следует придерживаться концепции сохранения здоровья и обеспечения функциональной надежности деятельности обслуживающего персонала, поэтому за основу как для государственной, так и гражданской вертолетной авиации нужно выбрать вредный класс 3.3. Объективно существующие риски развития шумовой и инфразвуковой патологии обуславливают необходимость постоянного мониторинга условий труда и состояния здоровья экипажей вертолетов Ми-8.

Информация о вкладе авторов: разработка дизайна исследования, написание текста рукописи, получение данных для анализа, анализ полученных данных, написание текста рукописи, обзор публикаций по теме статьи – Харитонов В.В.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы (пп. 3 см. References)

1. Харитонов В.В., Мищенко А.А., Пирожков М.В. и др. Методические подходы для оценки акустической обстановки внутри вертолета Ми-8 // Проблемы безопасности полетов. 2020. № 10. С. 39–59.
2. Богомолов А.В., Драган С.П. Автоматизированный мониторинг и технологии обеспечения акустической безопасности персонала // Автоматизация. Современные технологии. 2015. № 4. С. 25–30.
3. Солдатов С.К., Зинкин В.Н., Богомолов А.В. и др. Фундаментальные и прикладные аспекты авиационной медицинской акустики. М.: Физматлит, 2019. 216 с.
4. Зинкин В.Н., Шешегов П.М. Проблемы экспертизы воздействия высокоинтенсивного шума на специалистов Военно-воздушных сил // Военно-медицинский журнал. 2012. Т. 333. № 1. С. 45–50.
5. Зинкин В.Н., Богомолов А.В., Кукушкин Ю.А. и др. Медико-социальные аспекты экологической безопасности населения, подвергающегося кумулятивному действию авиационного шума // Экология промышленного производства. 2011. № 2. С. 9–14.
6. Зинкин В.Н., Богомолов А.В., Драган С.П. и др. Кумулятивные медико-экологические эффекты сочетанного действия шума и инфразвука // Экология и промышленность России. 2012. № 3. С. 46–49.
7. Драган С.П., Богомолов А.В., Дроздов С.В. и др. Исследование погрешности акустических измерений при различных углах падения акустических волн на измерительный микрофон // Датчики и системы. 2020. № 3 (245). С. 32–38.
8. Дроздов С.В., Драган С.П., Богомолов А.В. и др. Метод определения скорости воздушных судов по акустическим измерениям на местности // Вестник Московского университета. Серия 3. Физика. Астрономия. 2020. № 5. С. 70–74.
9. Зинкин В.Н., Солдатов С.К., Богомолов А.В. и др. Обоснование использования специалистами средств индивидуальной защиты при воздействии авиационного шума // Информатика и системы управления. 2009. № 4 (22). С. 139–141.
10. Зинкин В.Н., Солдатов С.К., Богомолов А.В. и др. Актуальные проблемы защиты населения от низкочастотного шума и инфразвука // Технологии гражданской безопасности. 2015. Т. 12. № 1 (43). С. 90–96.
11. Драган С.П., Солдатов С.К., Богомолов А.В. и др. Оценка акустической эффективности средств индивидуальной защиты от экстрааурального воз-

- действия авиационного шума // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2013. Т. 47. № 5. С. 21–26.
13. Зинкин В.Н., Ахметзянов И.М., Солдатов С.К. и др. Медико-биологическая оценка эффективности средств индивидуальной защиты от шума // Медицина труда и промышленная экология. 2011. № 4. С. 33–34.
 14. Зинкин В.Н., Кукушкин Ю.А., Богомолов А.В. и др. Анализ эффективности средств защиты от шума во взаимосвязи с профессиональной надежностью специалистов «шумовых» профессий // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2011. № 3. С. 70–76.
 15. Чистов С.Д., Кукушкин Ю.А., Солдатов С.К. и др. Влияние интенсивного шума на функциональное состояние летного состава // Проблемы безопасности полетов. 2019. № 9. С. 3–13.
 16. Зинкин В.Н., Богомолов А.В., Ахметзянов И.М. и др. Экологические аспекты безопасности жизнедеятельности населения, подвергающегося действию авиационного шума // Теоретическая и прикладная экология. 2011. № 3. С. 97–101.
 17. Шешегов П.М., Зинкин В.Н., Дворянчиков В.В. и др. Нейросенсорная тугоухость шумовой этиологии: диагностика, лечение и профилактика // Вестник Российской военно-медицинской академии. 2015. № 2 (50). С. 60–66.
 18. Солдатов С.К., Богомолов А.В., Зинкин В.Н. и др. Проблемы обеспечения акустической безопасности персонала авиационной промышленности // Безопасность труда в промышленности. 2014. № 10. С. 58–60.
 19. Зинкин В.Н., Шешегов П.М., Чистов С.Д. Клинические аспекты профессиональной сенсоневральной тугоухости акустического генеза // Вестник оториноларингологии. 2015. Т. 80. № 6. С. 65–70.
 20. Шешегов П.М., Зинкин В.Н., Сливина Л.П. Авиационный шум: особенности формирования и профилактики нейросенсорной тугоухости у авиационных специалистов Военно-воздушных сил // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2019. Т. 53. № 3. С. 49–56.
 21. Ушаков И.Б., Богомолов А.В., Драган С.П. и др. Методологические основы персонализированного гигиенического мониторинга // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2017. Т. 51. № 6. С. 53–56.
 22. Богомолов А.В., Драган С.П. Метод акустической каллиметрии средств коллективной защиты от шума // Гигиена и санитария. 2017. Т. 96. № 8. С. 755–759.
 23. Ушаков И.Б., Богомолов А.В., Драган С.П. и др. Технология прогностического мониторинга работоспособности операторов, работающих в условиях воздействия авиационного шума, на основе персонализированных индикаторов опасности акустической обстановки // Математические методы в технике и технологиях. 2020. Т. 5. С. 77–80.
 24. Ушаков И.Б., Богомолов А.В., Драган С.П. и др. Методологические основы персонализированного акустического мониторинга // Безопасность труда в промышленности. 2020. № 10. С. 33–39.
- ### References
1. Kharitonov VV, Mishchenko AA, Pirozhkov MV, et al. Methodological approaches for assessing the acoustic situation inside the Mi-8 helicopter. *Problemy Bezopasnosti Poletov*. 2020; (10):39–59. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.36535/0235-5000-2020-10-5>
 2. Bogomolov AV, Dragan SP. Automatic monitoring and technology of the personnel acoustic safety ensuring. *Avtomatizatsiya. Sovremennye Tekhnologii*. 2015; (4):25–30. (In Russian).
 3. Stojanović IS. [Measuring noise and vibration in the cockpit of the Mi-8 helicopter.] *Vojnotehnički Glasnik*. 2016; 64(1):176–195. (In Serbian). DOI: <https://doi.org/10.5937/VJTEHG64-7714>
 4. Soldatov SK, Zinkin VN, Bogomolov AV, et al. *Fundamental and applied aspects of aviation medical acoustics*. Moscow: Fizmatlit Publ., 2019. 216 p. (In Russian).
 5. Zinkin VN, Sheshegov PM. The problems of assessment of the high noise 45 impact on the experts of the Air Force. *Voyenno-Meditsinskiy Zhurnal*. 2012; 333(1):45–50. (In Russian).
 6. Zinkin VN, Bogomolov AV, Kukushkin YuA, et al. Medical and social aspects of environmental safety of the population under a cumulative effect aircraft noise. *Ekologiya Promyshlennogo Proizvodstva*. 2011; (2):9–14. (In Russian).
 7. Zinkin VN, Bogomolov AV, Dragan SP, et al. Cumulative medical and environmental effects of the combined action of noise and infrasound. *Ekologiya i Promyshlennost' Rossii*. 2012; (3):46–49. (In Russian).
 8. Dragan SP, Bogomolov AV, Drozdov SV, et al. The study of the accuracy of acoustic measurements at different angles of incidence of acoustic waves on the measuring microphone. *Datchiki i Sistemy*. 2020; (3(245)):32–38. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.25728/datsys.2020.3.4>
 9. Drozdov SV, Dragan SP, Bogomolov AV, et al. Method for determining aircraft speed from acoustic measurements on the ground. *Moscow University Physics Bulletin*. 2020; (5):70–74. (In Russian).
 10. Zinkin VN, Soldatov SK, Bogomolov AV, et al. [Justification of the use of personal protective equipment by specialists when exposed to aircraft noise.] *Informatika i Sistemy Upravleniya*. 2009; (4(22)):139–141. (In Russian).
 11. Zinkin VN, Soldatov SK, Bogomolov AV, et al. Actual problems of population protection from the low-frequency noise and infrasound. *Civil Security Technology*. 2015; 12(1(43)):90–96. (In Russian).
 12. Dragan SP, Soldatov SK, Bogomolov AV, et al. Evaluation of acoustic effectiveness of personnel protectors from extra-aural exposure to aviation noise. *Aviakosmicheskaya i Ekologicheskaya Meditsina*. 2013; 47(5):21–26. (In Russian).
 13. Zinkin VN, Yakhmetzianov IM, Soldatov SK, et al. Medical and biological evaluation of individual noise-protection means efficiency. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2011; (4):33–34. (In Russian).
 14. Zinkin VN, Kukushkin YuA, Bogomolov AV, et al. Analysis of the effectiveness of noise protection in conjunction with professional reliability of “noise” professionals. *Mediko-Biologicheskie i Sotsial'no-Psikhologicheskie Problemy Bezopasnosti v Chrezvychaynykh Situatsiyakh*. 2011; (3):70–76. (In Russian).
 15. Chistov SD, Kukushkin YuA, Soldatov SK, et al. Influence of intense noise on the functional condition of pilots. *Problemy Bezopasnosti Poletov*. 2019; (9):3–13. (In Russian).
 16. Zinkin VN, Bogomolov AV, Akhmetzyanov IM, et al. Environmental aspects of life safety of people affected by aircraft noise. *Teoreticheskaya i Prikladnaya Ekologiya*. 2011; (3):97–101. (In Russian).
 17. Sheshegov PM, Zinkin VN, Dvoryanchikov VV, et al. Sensorineural hearing loss of noise etiology in military personnel: diagnosis, treatment and prevention. *Vestnik Rossiiskoy Voenno-Meditsinskoy Akademii*. 2015; (2(50)):60–66. (In Russian).
 18. Soldatov SK, Bogomolov AV, Zinkin VN, et al. [Problems of ensuring acoustic safety of personnel in the aviation industry.] *Bezopasnost' Truda v Promyshlennosti*. 2014; (10):58–60. (In Russian).
 19. Zinkin VN, Sheshegov PM, Chistov SD. The clinical aspects of occupational sensorineural impairment of hearing of the acoustic origin. *Vestnik Otorinolaringologii*. 2015; 80(6):65–70. (In Russian).
 20. Sheshegov PM, Zinkin VN, Slivina LP. [Aviation noise: features of the formation and prevention of sensorineural hearing loss in aviation specialists of the Air Force.] *Aviakosmicheskaya i Ekologicheskaya Meditsina*. 2019; 53(3):49–56. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.21687/0233-528X-2019-53-3-49-56>
 21. Ushakov IB, Bogomolov AV, Dragan SP, et al. [Methodological foundations of personalized hygienic monitoring.] *Aviakosmicheskaya i Ekologicheskaya Meditsina*. 2017; 51(6):53–56. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.21687/0233-528X-2017-51-6-53-56>
 22. Bogomolov AV, Dragan SP. Method of acoustic qualimetry of means of collective protection from noise. *Gigiena i Sanitariya*. 2017; 96(8):755–759. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-8-755-759>
 23. Ushakov IB, Bogomolov AV, Dragan SP, et al. Technology for predictive monitoring of operability of operators working under the influence of aircraft noise, based on personalized indicators of acoustic hazard. *Matematicheskie Metody v Tekhnike i Tekhnologiyakh*. 2020; (5):77–80. (In Russian).
 24. Ushakov IB, Bogomolov AV, Dragan SP, et al. Methodological foundations of the personalized acoustic monitoring. *Bezopasnost' Truda v Promyshlennosti*. 2020; (10):33–39. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.24000/0409-2961-2020-10-33-39>

© Кривошеев В.В., Столяров А.И., 2021

УДК 614.4

Влияние относительной влажности воздуха на заболеваемость коронавирусом COVID-19

В.В. Кривошеев, А.И. Столяров

Автономное учреждение Ханты-Мансийского автономного округа – Югры
«Технопарк высоких технологий»
ул. Промышленная, д. 19, г. Ханты-Мансийск, 628011, Российская Федерация

Резюме: *Введение.* Проблема влияния внешних факторов, к которым относятся и метеорологические условия, на динамику развития пандемии коронавируса чрезвычайно актуальна, поскольку понимание физических основ любого процесса позволяет прогнозировать его результаты в конкретных условиях и, в определенной степени, управлять этим процессом. *С целью* оценки влияния относительной влажности воздуха на заболеваемость коронавирусом COVID-19 проведен анализ существующих в международном научном сообществе представлений о характере и степени влияния метеорологических условий на уровень заболеваемости человека COVID-19. *Материалы и методы.* Разработана оригинальная методика, позволяющая определять, в какие периоды времени уровень влажности атмосферного воздуха оказывал влияние на заболеваемость человека, какие отрезки времени разделяют эти периоды с моментом обнаружения заболевания, а также рассчитать, насколько сильно влияла влажность воздуха на процесс инфицирования и течение заболевания. Для исключения влияния побочных эффектов на корректность результатов исследований использована авторская методика расчета условной заболеваемости как разницы между теоретическим и фактическим уровнями. В статье приводятся *результаты* корреляционного анализа зависимостей между относительной влажностью воздуха и показателями динамики инфицирования человека коронавирусом COVID-19 по материалам девятнадцати регионов Российской Федерации. Все без исключения уравнения содержат два или три экстремума уровня заболеваемости по времени, в которые влажность воздуха оказывала наибольшее влияние на конечный результат заболеваемости. Эти экстремумы авторы связывают с моментами инфицирования и проявления заболеваемости пациента, что позволяет делать предположения о количественном прогнозировании продолжительности инкубационного периода в различных атмосферных условиях. *Вывод.* Получены аналитические зависимости, позволяющие определить благоприятную и неблагоприятную относительную влажность воздуха для инфицирования человека COVID-19 для различных регионов Российской Федерации. Математическими методами подтвержден тезис о возможной продолжительности жизни коронавируса, превышающей две недели, во внешней среде.

Ключевые слова: коронавирус, относительная влажность атмосферного воздуха, статистические исследования. **Для цитирования:** Кривошеев В.В., Столяров А.И. Влияние относительной влажности воздуха на заболеваемость коронавирусом COVID-19 // Здоровье населения и среда обитания. 2021. № 2 (335). С. 61–69. DOI: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-335-2-61-69>

Информация об авторах:

✉ **Кривошеев** Владимир Васильевич – ведущий эксперт Автономного учреждения Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Технопарк высоких технологий»; e-mail: Vvk_usu@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8125-0890>.

Столяров Артем Игоревич – директор Автономного учреждения Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Технопарк высоких технологий»; e-mail: tp@tp86.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2517-9775>.

Impact of Relative Humidity on COVID-19 Incidence

V. V. Krivosheev, A. I. Stolyarov

High Technology Park, 19 Promyshlennaya Street, Khanty-Mansiysk, 628011 Russian Federation

Summary. *Introduction:* The issue of the influence of external factors such as meteorological conditions on the dynamics of the coronavirus pandemic is extremely relevant, since understanding of physical foundations of any process helps predict its results in specific conditions and, to a certain extent, manage it. *Objective:* In order to assess the effect of relative humidity on the incidence of COVID-19, we analyzed opinions of the international scientific community about the nature and degree of the influence of meteorological conditions on COVID-19 incidence rates in humans. *Materials and methods:* We developed an original method of determining the periods of time when the air humidity level influenced disease rates, establishing the lag and the power of influence of the relative air humidity on the infection process and course of the disease. To eliminate the effect of confounders on research results, we applied the author's method of estimating the conditional incidence as the difference between the theoretical and observed rates. The article presents the results of analyzing the correlation between relative humidity and COVID-19 incidence rates in 19 regions of the Russian Federation. Without exception, all the equations contained two or three extrema of the incidence in time, at which air humidity had the greatest impact on its rates. We associate these extrema with the time of getting infected and the disease onset and they enable us to quantitatively predict the latent period of this infectious disease in different atmospheric conditions. *Conclusion:* The observed correlations demonstrate relative humidity levels posing higher and lower risks of getting infected with COVID-19 in various regions of the Russian Federation. By means of mathematical methods, we confirmed the hypothesis about the persistence of SARS-CoV-2 in the environment for more than two weeks.

Keywords: coronavirus, relative air humidity, statistical studies.

For citation: Krivosheev VV, Stolyarov AI. Impact of relative humidity on COVID-19 incidence. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021; (2(335)):61–69. (In Russian) DOI: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-335-2-61-69>

Author information:

✉ **Vladimir V. Krivosheev**, Leading expert, High Technology Park, Autonomous Institution of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra; e-mail: Vvk_usu@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8125-0890>.

Artem I. Stolyarov, Director, High Technology Park, Autonomous Institution of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra; e-mail: tp@tp86.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2517-9775>.

Введение. Проблема влияния внешних факторов, к которым относятся и метеорологические условия, на динамику развития пандемии коронавируса чрезвычайно актуальна, поскольку понимание физических основ любого процесса позволяет прогнозировать его результаты в кон-

кретных условиях и, в определенной степени, управлять этим процессом.

К сожалению, в отечественной литературе информация по этому вопросу изложена крайне скупо и сводится к обсуждению проблемы сезонности распространения коронавируса [1–3].

Зарубежные ученые уделяют исследованию этой проблемы гораздо большее внимание, однако взгляды специалистов из разных стран на некоторые фундаментальные вопросы порой значительно отличаются, вплоть до диаметрально противоположных [4–33].

Наиболее масштабные исследования влияния метеорологических факторов на развитие COVID-19 в России принадлежат, как это ни парадоксально, ученым Азиатского технологического института Бангкок (Malay Pramanik и др.). По словам авторов, эти исследования, датированные 19 июня 2020 года, являются первой попыткой оценить роль климатических предикторов в росте интенсивности COVID-19 в российском климатическом регионе [24].

Основными метеорологическими факторами, влияющими на развитие заболеваемости COVID-19, являются температура воздуха, относительная и абсолютная влажность, уровень ультрафиолетового излучения, колебания атмосферных условий и целый ряд других.

Рассмотрим существующие представления о характере влияния температуры атмосферного воздуха на заболеваемость COVID-19.

В работах [4, 5, 9, 10, 15, 16, 31] приведена информация о том, что увеличение температуры воздуха приводит к росту заболеваемости COVID-19, в работах [6, 11–14, 20, 21, 28, 32] изложены сведения о благоприятном влиянии роста температуры на уровень заболеваемости. Ученые из Шанхайского городского центра экологических метеорологических исследований (Jianguo Tan и др.) полагают, что существует некоторая оптимальная температура окружающей среды в пределах от 16 до 28 °С, резкое повышение или снижение которой за этими пределами приводит к увеличению случаев заболеваний из-за влияния на иммунную систему человека [19].

Необходимо отметить, что в ряде работ фигурируют данные по одним и тем же регионам или целым группам регионов.

Аналогичная ситуация существует в области представлений о характере влияния влажности атмосферного воздуха на заболеваемость COVID-19.

В работах [4, 5, 10] отмечается, что с увеличением влажности воздуха растет заболеваемость COVID-19. В работах [9, 11, 13, 16, 17, 20, 26, 27, 30, 32] говорится о благоприятном влиянии влажности на уровень заболеваемости. Причем в работах [4, 10] речь идет об относительной и абсолютной влажности воздуха, в работах [5, 13] — лишь об абсолютной влажности, в работах [9, 11, 16, 20] — только об относительной влажности, а в работе [17] не указано, о какой влажности идет речь.

Исследователи из Сианьского транспортного университета (Xi'an Jiaotong University, Shaanxi) Jun Lin и др., используя данные по материковому Китаю, Гонконгу и Сингапуру, считают, что «высокая относительная влажность способствует передаче COVID-19 при низкой температуре, но имеет тенденцию к снижению передачи при высокой температуре» [21].

Katherine Li из Garnet Valley High School (США) категорически заявляет, что смертность от COVID-19 во всех пятидесяти штатах

США напрямую и положительно коррелирует с влажностью окружающей среды [22].

Еще более категоричен в своих выводах испанский ученый Mar Guasp (Neurosciences Unit, Hospital Clinic, Barcelona, Spain), оперирующий набором метеорологических данных и количеством подтвержденных COVID-19 в странах с наибольшим числом случаев заболевания (в Китае, Италии, Соединенных Штатах и Испании), а также в Канаде и Австралии, утверждающий, что «Ультрафиолетовое излучение от солнечного света является основным экологически эффективным вирусным фактором, на несколько порядков более актуальным, чем другие первичные физические факторы, такие как температура и относительная влажность» [25].

Наконец, Albertus J Smit, представляющий Университет Западной Капской провинции Южной Африки, критически оценивший 42 рецензируемые и 80 препринтные публикации, пришел к выводу, что фактические данные в настоящее время перегружены побочными эффектами и темпами распространения COVID-19, поэтому говорить о прогнозировании развития пандемии в связи атмосферными условиями, если такая возможность вообще существует, можно будет только в 2021 и последующих годах [8].

Резюмируя изложенное, можно сделать следующие основные выводы:

- температура атмосферного воздуха, его абсолютная и относительная влажность, наряду с другими метеорологическими факторами, в определенных условиях оказывают существенное влияние на характер заболеваемости COVID-19;
- несмотря на многочисленность исследований по данной проблеме, практически отсутствует опубликованная информация о влиянии атмосферных условий на заболеваемость COVID-19 на территории России;
- существующие в настоящее время представления о характере и степени влияния метеорологических факторов на динамику распространения COVID-19 в значительной мере противоречивы, часто не конкретны, что предопределяет необходимость продолжения исследований по данной проблеме.

Разумеется, осветить весь круг обозначенных вопросов в одной статье невозможно, поэтому внимание было сосредоточено на исследовании одного из метеорологических факторов — относительной влажности воздуха, которая, на взгляд авторов, оказывает очень серьезное влияние на динамику COVID-19.

В связи с этим задачами исследования является установление формы и степени зависимости заболеваемости COVID-19 от времени, исследование полученных корреляционных уравнений на экстремумы, а также определение связи пороговых значений относительной влажности с внешними факторами.

Цель исследования — изучение закономерностей процесса влияния относительной влажности атмосферного воздуха на заболеваемость коронавирусом COVID-19 в различных регионах Российской Федерации.

Материалы и методы. Фактические данные о динамике заболеваемости населения получены с сайта «Статистика развития пандемии

коронавируса COVID-19 в России»¹, на котором ежедневно обновляется информация по Российской Федерации в целом и по каждому субъекту в частности.

Данные об атмосферных характеристиках в определенный период времени рассчитывались с помощью электронного онлайн-калькулятора «Погода в 243 странах мира»².

Основная идея данного исследования заключается в том, чтобы определить, в какие периоды времени уровень относительной влажности атмосферного воздуха оказывал влияние на заболеваемость человека, какие отрезки времени разделяют эти периоды с момента обнаружения заболевания, а также рассчитать, насколько сильно влияла влажность воздуха на процесс инфицирования и течение заболевания. Эти вопросы решались с помощью корреляционного анализа.

Проиллюстрируем порядок подготовки материалов для проведения корреляционного анализа зависимостей между величиной относительной влажности воздуха и числом зарегистрированных заболеваний (рис. 1).

При этом первоначально глубина поиска была принята равной 14 суткам, исходя из общепринятых представлений о продолжительности жизни коронавируса, не превышающей две недели. Однако в процессе исследований глубину поиска пришлось увеличивать до 18–21 суток, поскольку на 12–14 сутки периода в ряде статистических совокупностей стали обнаруживаться серьезные корреляционные

зависимости между уровнями заболеваемости и влажностью.

Информация о временных промежутках заболеваемости, взятых для анализа субъектов Российской Федерации, по которым приведены зависимости R_1 от времени, отражена на рис. 3–5, 13, 14: Волгоградская область (18.04.2020–16.05.2020), Краснодарский край (15.04.2020–15.05.2020), Мурманская область (17.04.2020–20.05.2020), Хабаровский край (03.04.2020–15.05.2020), ХМАО – Югра (14.04.2020–25.05.2020).

Еще одна особенность данного исследования заключалась в том, что изучалась не абсолютная заболеваемость, а заболеваемость, которую авторы называли условной. Это связано с тем, что в течение периода нарастания заболеваемости на ее абсолютную величину весьма существенное, если не решающее, влияние оказывают не природные, естественные условия, а лавинообразно нарастающее количество контактов между здоровыми и инфицированными людьми.

Для исключения этого субъективного, но реально существующего фактора, нами рассчитывалось уравнение теоретического уровня заболеваемости, затем фактическая ежедневная заболеваемость сравнивалась с теоретической на данный момент времени. Если фактическая заболеваемость превышала теоретическую, то разница учитывалась со знаком плюс, если была меньше теоретической, то со знаком минус.

Проиллюстрируем эту методику на примере ХМАО – Югры (табл. 1).

Количество дней / Number of days	1	Дата замера относительной влажности / Date of relative humidity measurement (dd.mm)	14.04	15.04	16.04	17.04	18.04	19.04	20.04
		Относительная влажность / Relative humidity, %	73	68	84	82	47	49	64
		Дата заболеваемости / Date of diagnosis (dd.mm)				18.04	19.04	20.04	21.04
		Количество новых случаев заболеваемости / Daily number of incident cases				33	14	13	9
	2	Дата замера относительной влажности / Date of relative humidity measurement (dd.mm)		14.04	15.04	16.04	17.04	18.04	19.04
		Относительная влажность / Relative humidity, %		73	68	84	82	47	49
		Дата заболеваемости / Date of diagnosis (dd.mm)				18.04	19.04	20.04	21.04
		Количество новых случаев заболеваемости / Daily number of incident cases				33	14	13	9
	3	Дата замера относительной влажности / Date of relative humidity measurement (dd.mm)			14.04	15.04	16.04	17.04	18.04
		Относительная влажность / Relative humidity, %			73	68	84	82	47
		Дата заболеваемости / Date of diagnosis (dd.mm)				18.04	19.04	20.04	21.04
		Количество новых случаев заболеваемости / Daily number of incident cases				33	14	13	9

Рис. 1. Схема, иллюстрирующая посуточные материалы для корреляционного анализа зависимостей между относительной влажностью атмосферного воздуха и уровнем заболеваемости COVID-19 в 2020 году
Fig. 1. Daily data for the analysis of correlations between the relative air humidity and COVID-19 incidence, 2020

¹ «Статистика развития пандемии коронавируса COVID-19 в России» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://coronavirus-monitor.info/country/russia/> (дата обращения 18.05.2020).

² «Погода в 243 странах мира» [Электронный ресурс. Режим доступа: <https://rp5.ru/> (дата обращения 18.05.2020)]

В табл. 1 теоретическое число заболеваний (N_t) рассчитано с использованием уравнения $Y = 0,1188 X^2 - 2,4374X + 27,877$ (рис. 2), где Y – теоретическое число заболеваний, X – порядковый номер суток.

Условная заболеваемость (N_y) рассчитана как разница между фактической (N_f) и теоретической (N_t) заболеваемостью ($N_y = N_f - N_t$). Статистические исследования были проведены по 19 субъектам Российской Федерации:

Таблица 1. Фрагмент данных по ХМАО – Югре для расчета условной заболеваемости на 18.05.2020

Table 1. The data used to estimate the conditional incidence of COVID-19 in the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra as of 18 May 2020

Дата обнаружения заболевания / Date of diagnosis	Число подтвержденных заболеваний за сутки, N_f / Observed number of cases, N_o	Относительная влажность / Relative humidity, %	Номер суток / Day number	Теоретическое число заболеваний, N_t / Theoretical number of cases, N_T	Условное число заболеваний, $N_y = N_f - N_t$ / Conditional number of cases, $N_c = N_o - N_t$
14.апр / April	15	63	1	25,5584	-10,5584
15.апр	15	92	2	23,4774	-8,4774
16.апр	39	77	3	21,634	17,366
17.апр	18	59	4	20,0282	-2,0282
18.апр	33	76	5	18,66	14,34
19.апр	14	61	6	17,5294	-3,5294
20.апр	13	55	7	16,6364	-3,6364
21.апр	9	64	8	15,981	-6,981
22.апр	6	63	9	15,5632	-9,5632
23.апр	12	61	10	15,383	-3,383
24.апр	2	76	11	15,4404	-13,4404
25.апр	16	60	12	15,7354	0,2646
26.апр	41	73	13	16,268	24,732
27.апр	23	53	14	17,0382	5,9618
28.апр	41	75	15	18,046	22,954
29.апр	28	90	16	19,2914	8,7086
30.апр	21	87	17	20,7744	0,2256
01.май / May	18	78	18	22,495	-4,495
02.май	9	69	19	24,4532	-15,4532
03.май	35	72	20	26,649	8,351
04.май	18	58	21	29,0824	-11,0824
05.май	41	54	22	31,7534	9,2466
06.май	29	67	23	34,662	-5,662
07.май	14	57	24	37,8082	-23,8082
08.май	32	32	25	41,192	-9,192
09.май	43	33	26	44,8134	-1,8134
10.май	67	42	27	48,6724	18,3276
11.май	84	43	28	52,769	31,231
12.май	45	49	29	57,1032	-12,1032
13.май	43	56	30	61,675	-18,675
14.май	61	49	31	66,4844	-5,4844
15.май	39	41	32	71,5314	-32,5314
16.май	83	65	33	76,816	6,184
17.май	118	70	34	82,3382	35,6618
18.май	86		35	88,098	-2,098

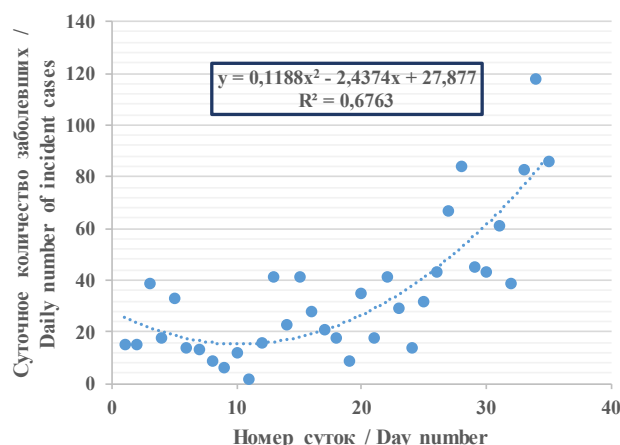


Рис. 2. Тарировочный график посуточной заболеваемости Covid-19 в ХМАО-Югре
Fig. 2. Calibration graph of the daily COVID-19 incidence in the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra

Волгоградской области, Вологодской области, Краснодарскому краю, Москве, Мурманской области, Нижегородской области, Новгородской области, Приморскому краю, Республике Коми, Ростовской области, Самарской области, Санкт-Петербургу, Саратовской области, Свердловской области, Тюменской области, Хабаровскому краю, ХМАО – Югре, Челябинской области, ЯНАО.

По каждой выборке были рассчитаны коэффициенты корреляции между уровнем заболеваемости и относительной влажностью воздуха для каждых суток (R_1), а затем получены корреляционные зависимости связи этих коэффициентов корреляции со временем (T , суток), предшествующим моменту обнаружения факта заболевания, определены ближний (X_1) и дальний (X_2) экстремумы функций. Рассчитана корреляционная характеристика R_2^2 степени связи между R_1 и временем, разделяющим момент замера относительной влажности воздуха с датой фиксации факта заболеваемости.

Также для каждой выборки были рассчитаны зависимости обозначенных выше коэффициентов корреляции от влажности атмосферного воздуха (ОВ), средней для каждого соответствующего интервала времени, и определены границы

зоны оптимальной относительной влажности X_{O1} и X_{O2} , внутри которых фактический уровень заболеваемости меньше теоретического. Степень связи между R_1 и средней относительной влажностью воздуха оценена статистикой R_3^2 .

Результаты и обсуждение. Приведем несколько наиболее характерных примеров графиков зависимостей между названными параметрами.

На рис. 3 и 4 приведены графики зависимостей условной заболеваемости в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре за 3 и 11 суток до момента обнаружения факта заболеваемости COVID-19. Как видно из этих рисунков, коэффициенты корреляции между заболеваемостью и относительной влажностью в разные моменты времени отличаются как по величине, так и по знаку. То есть в разные моменты времени относительная влажность по-разному влияет на уровень заболеваемости. Для того, чтобы получить целостную и понятную картину влияния относительной влажности на заболеваемость, проведена корреляция коэффициента корреляции со временем (приносим извинения за вынужденную тавтологию). На рис. 5–7 показано, как коэффициенты корреляции заболеваемости

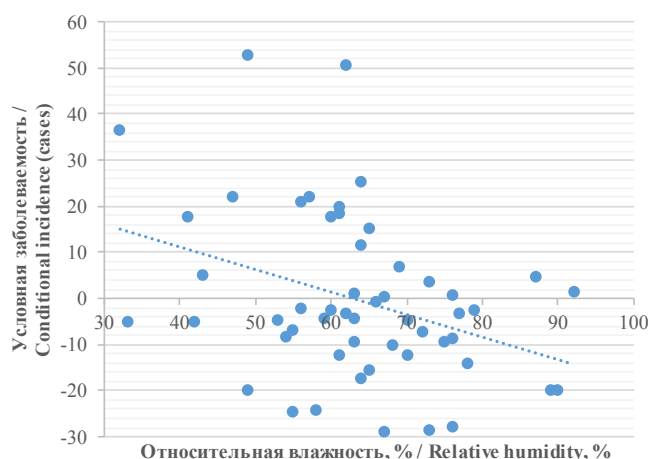


Рис. 3. Зависимость условной заболеваемости от относительной влажности (за 3 суток)

Fig. 3. The relationship between the relative humidity at a 3-day lag and conditional incidence in the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra.

Примечание / Notes: $Y = -0,4868X + 30,7$; $R_1 = -0,352$

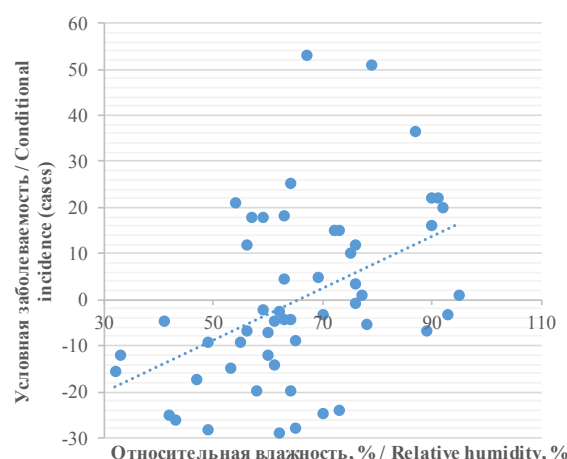


Рис. 4. Зависимость условной заболеваемости от относительной влажности (за 11 суток)

Fig. 4. The relationship between the relative humidity at an 11-day lag and conditional incidence in the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra.

Примечание / Notes: $Y = 0,5668X - 37,095$; $R_1 = 0,453$

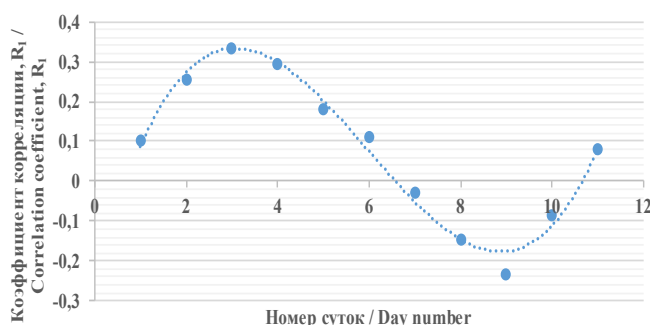


Рис. 5. Зависимость коэффициента корреляции R_1 от времени в Волгоградской области

Fig. 5. Time dependence of the correlation coefficient R_1 in the Volgograd Region

Примечание / Notes: $y = 0,0052x^3 - 0,094x^2 + 0,4298x - 0,2526$; $R_2^2 = 0,9806$ $X_1 = 3,07$, $X_2 = 8,98$

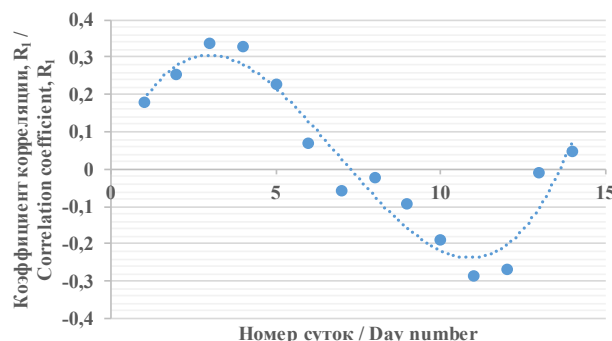


Рис. 6. Зависимость коэффициента корреляции R_1 от времени в Краснодарском крае

Fig. 6. Time dependence of the correlation coefficient R_1 in the Krasnodar Region

Примечание / Notes: $y = 0,0022x^3 - 0,0456x^2 + 0,2132x + 0,0164$; $R_2^2 = 0,9312$ $X_1 = 2,98$, $X_2 = 10,84$

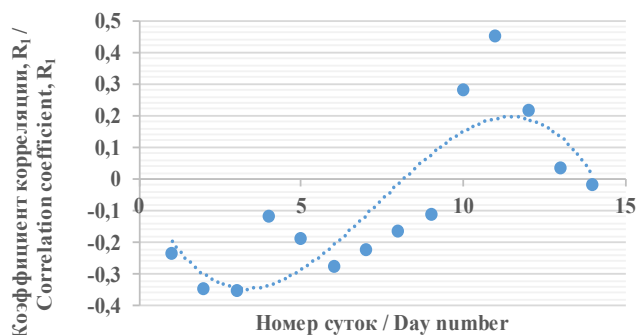


Рис. 7. Зависимость коэффициента корреляции R_1 от времени в ХМАО – Югре

Fig. 7. Time dependence of the correlation coefficient R_1 in the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra.

Примечание / Notes: $y = -0,002x^3 + 0,0439x^2 - 0,2249x - 0,0111$; $R_2^2 = 0,6968$ $X_1 = 3,30$, $X_2 = 11,48$

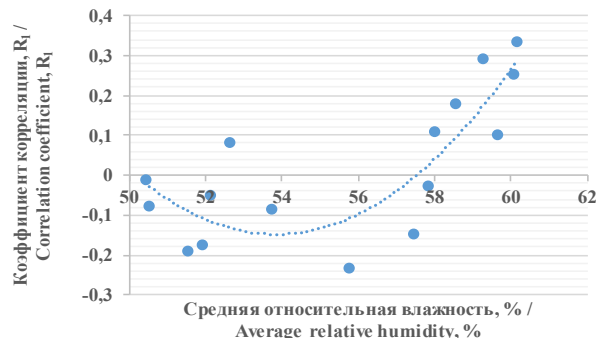


Рис. 8. Зависимость коэффициента корреляции R_1 от средней относительной влажности воздуха в Волгоградской области

Fig. 8. The relationship between the average relative humidity and correlation coefficient R_1 in the Volgograd Region

Примечание / Notes: $y = 0,010954x^2 - 1,1796x + 31,606$; $R_3^2 = 0,6806$ $X_{01} = 50,1$, $X_{02} = 57,6$

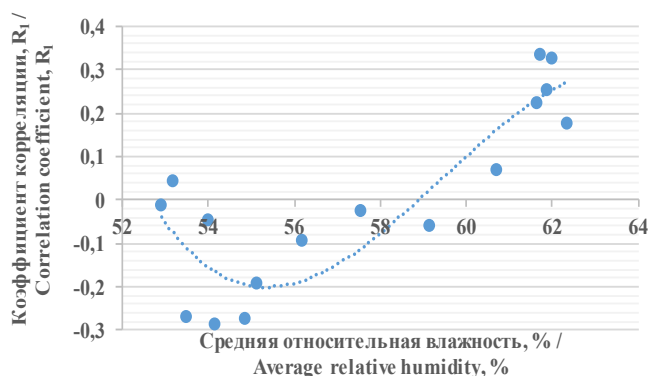


Рис. 9. Зависимость коэффициента корреляции R_1 от средней относительной влажности воздуха в Краснодарском крае

Fig. 9. The relationship between the average relative humidity and correlation coefficient R_1 in the Krasnodar Region

Примечание / Notes: $Y = -0,0018x^3 + 0,3293x^2 - 19,474x + 382,14$; $R_3^2 = 0,8035$ $X_{01} = 52,74$, $X_{02} = 58,69$

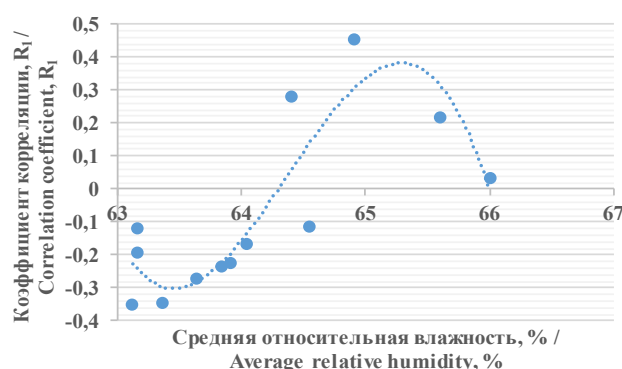


Рис. 10. Зависимость коэффициента корреляции R_1 от средней относительной влажности воздуха в ХМАО – Югре

Fig. 10. The relationship between the average relative humidity and correlation coefficient R_1 in the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra

Примечание / Notes: $y = -0,2209x^3 + 42,666x^2 - 2745,9x + 58893$; $R_3^2 = 0,7567$ $X_1 = 62,68$, $X_2 = 64,59$

от относительной влажности (R_1) изменяются по времени.

Авторы данной работы склоняются к мысли, что дальний (второй) экстремум (X_2) равен периоду от момента инфицирования человека до момента обнаружения факта заболевания (в данном случае на рис. 5–7 этот период равен соответственно 8,98; 10,84 и 11,48 суток).

Наличие ближнего (первого) экстремума X_1 (3,07; 2,98 и 3,30 суток) может быть связано с проявлением симптомов заболевания у инфицированного человека.

Исходя из этих рассуждений, инкубационный период может быть рассчитан как разница между величинами дальнего и ближнего экстремумов.

Поскольку в интервале влажности между X_{01} и X_{02} имеет место обратная пропорциональная зависимость между уровнем заболеваемости и относительной влажностью, этот интервал можно считать наиболее оптимальным, наиболее благоприятным для здоровья человека.

Впрочем, это только толкование авторов данной работы. Однако факты значимых и весьма значимых корреляционных связей между влажностью атмосферного воздуха и уровнем заболеваемости реально существуют, регистрируются практически во всех статистических совокупностях и находятся в достаточно

близких временных отрезках. И эти факты требуют серьезного изучения вирусологами и эпидемиологами, поскольку сама проблема чрезвычайно актуальна.

Проведем корреляционный анализ между всеми полученными параметрами (X_1 , X_2 , X_3 , X_{01} , X_{02}) и среднегодовой относительной влажностью воздуха на соответствующих территориях (рис. 11–14).

Расчеты для X_2 и X_3 показали ничтожную корреляцию. Расчетная статистика Стьюдента для X_1 $Tr_1 = 1,964$, что позволяет прогнозировать величину ближнего экстремума с вероятностью 93 %. Расчетные статистики Стьюдента для X_{01} и X_{02} показали очень высокую корреляцию: $Tr_{X_{01}} = 7,875$, $Tr_{X_{02}} = 4,648$, что больше табличного значения $Tt = 3,012$ при уровне значимости 0,01 и количестве степеней свободы 13, поэтому прогнозы о начале и окончании зоны оптимальной относительной влажности воздуха можно делать с вероятностью, превышающей 99 %.

При исследовании закономерностей формирования уровня заболеваемости в некоторых совокупностях были обнаружены, совершенно неожиданно для авторов, распределения, имеющие три экстремума. Сначала они были сочтены случайными, но после многочисленных

Таблица 2. Результаты статистических исследований зависимости заболеваемости населения коронавирусом COVID-19 от относительной влажности воздуха

Table 2. Results of analyzing the correlation between the relative humidity and COVID-19 incidence rates in select regions of the Russian Federation

Субъект РФ / Russian Region	Экстремумы, суток / Extrema, days			Оптимальная зона ОВ, % / Optimal RH range, %		Средняя ОВ, % / Average RH, %	
	X ₁	X ₂	X ₃	Xo ₁	Xo ₂	Период наблюдений / Observation period	Среднегодовая / Average annual
Волгоградская область / Volgograd Region	3,07	8,98		50,1	57,6	55,59	67
Вологодская область / Vologda Region	3,71	12,86	21,3				81
Краснодарский край / Krasnodar Krai	2,98	10,84		55,3	63,5	57,54	69
Москва / Moscow	2,71	9,29		55,15	61,09	59,95	73
Мурманская область / Murmansk Region	2,9	7,6	12,66		75,01	76,6	82
Нижегородская область / Nizhny Novgorod Region	1,5	6,19		61,74	66,59	64,24	76
Новгородская область / Novgorod Region	5,04	12,01		66,02	71,87	67,59	72
Приморский край / Primorsky Krai	4,31	8,97			68,01	67,7	73
Республика Коми / Komi Republic	3,87	10,13		75,5		73,76	83
Ростовская область / Rostov Region	0,56	9,16		50,2	59,8	54,86	65
Самарская область / Samara Region	2,52	8,16		50,7	54,2	54,88	69
Санкт-Петербург / St. Petersburg	4,09	8,63	12	57,9	60,42	61,36	72
Саратовская область / Saratov Region	1,38	9,17		58,11		54,48	67
Свердловская область / Sverdlovsk Region	1,91	7,67		53,2	55,8	55,86	67
Тюменская область / Tyumen Region	5,14	14,22		58,7	62,1	61,4	74
Хабаровский край / Khabarovsk Region	1,97	9,07	17,2		47,79	49,37	66
ХМАО – Югра / KMAO - Yugra	3,3	11,48		62,7	64,6	65,8	75
Челябинская область / Chelyabinsk Region	2,93	7,52		46,04	55,63	51,4	65
ЯНАО / YaNAO		6,96		77,6		78,84	81
Средние значения / Average values	2,994	9,42	15,79	58,60	61,60	61,73	

Abbreviations: RH, relative humidity; KMAO – Yugra, Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra; YaNAO, Yamalo-Nenets Autonomous Okrug.

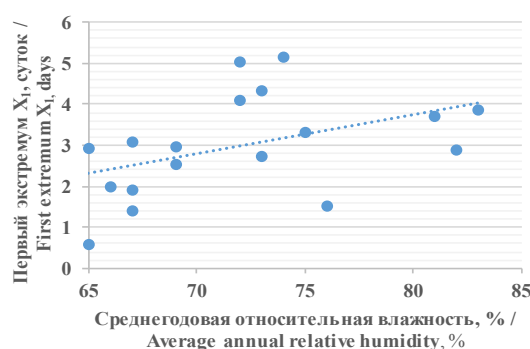


Рис. 11. Зависимость величины первого экстремума заболеваемости от среднегодовой относительной влажности (X₁)

Fig. 11. The relationship between the average annual relative humidity and the value of the first extremum of the incidence (X₁)

Примечание / Notes: $y = 0,0957x - 3,8988$; $R^2 = 0,1943$

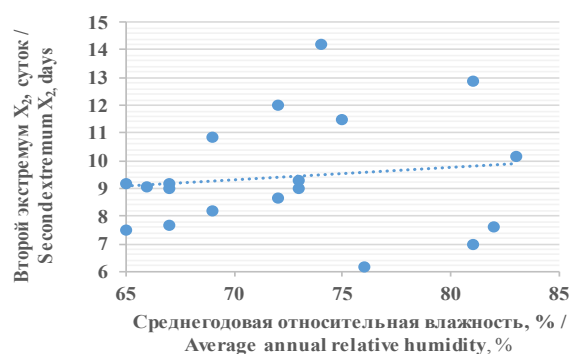


Рис. 12. Зависимость величины второго экстремума заболеваемости от среднегодовой относительной влажности (X₂)

Fig. 12. The relationship between the average annual relative humidity and the value of the second extremum of the incidence (X₂)

Примечание / Notes: $y = 0,0466x + 6,0378$; $R^2 = 0,0178$

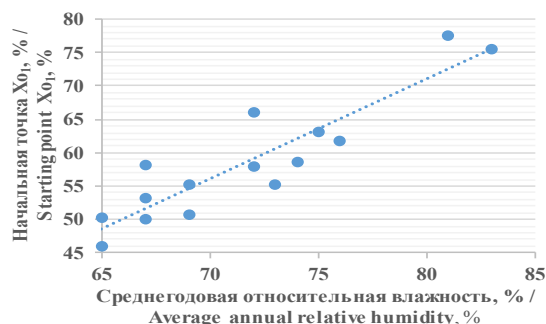


Рис. 13. Зависимость величины начальной точки оптимального интервала от среднегодовой относительной влажности (Xo₁)

Fig. 13. The relationship between the average annual relative humidity and the value of the starting point of the optimal interval (Xo₁)

Примечание / Notes: $y = 1,501x - 48,943$; $R^2 = 0,8267$

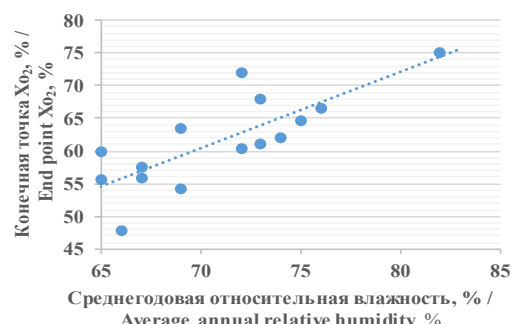


Рис. 14. Зависимость величины конечной точки оптимального интервала от среднегодовой относительной влажности (Xo₂)

Fig. 14. The relationship between the average annual relative humidity and the value of the end point of the optimal interval (Xo₂)

Примечание / Notes: $y = 1,1721x - 21,617$; $R^2 = 0,6243$

повторений фактор случайности пришлось признать несостоятельным.

Приведем только два примера распределений такого рода (рис. 15, 16).

Третий (самый дальний) экстремум по заболеваемости в Хабаровском крае (и не только там) свидетельствует о том, что существует какая-то объективная связь между обнаружением факта заболевания коронавирусом и относительной влажностью воздуха за 17 суток до этого события (до обнаружения факта заболевания). Списать на случайность этот факт нельзя, поскольку корреляционная оценка достоверности этой связи чрезвычайно высока — $R^2 = 0,9213$.

По-видимому, объяснение этого феномена необходимо искать в продолжительности жизни коронавируса COVID-19.

Зарубежные ученые Islam N, Bukhari Q и Jameel Y, представляющие весьма авторитетные в международном научно-образовательном пространстве Оксфордский университет (UK) и Массачусетский технологический институт (USA), оперируя данными из 206 стран, обнаружили связи между количеством случаев COVID-19, температурой атмосферного воздуха и скоростью ветра, которые наблюдались за 14 суток до момента обнаружения факта заболеваемости [16].

Китайские исследователи Jiangtao Liu, Ji Zhou, Jinxi Yao из Университета Ланьчжоу установили, что абсолютная влажность атмосферного воздуха статистически значимо связана с числом случаев COVID-19 «с отставанием», как принято писать в зарубежной прессе, на 7 и 14 суток [18].

Tomás R и др. ученые, представляющие университеты Аргентины, Колумбии и Чили, опубликовали информацию о том, что в г. Буэнос-Айресе самая высокая температурная корреляция произошла за 13–15 суток до дня подтверждения новых случаев заболевания COVID-19 [26].

Во всяком случае, факт существования третьего экстремума функции зависимости количества заболеваний от относительной влажности воздуха можно считать установленным, но объяснить природу этого феномена

способны только профильные специалисты — вирусологи и эпидемиологи.

Заключение

Проведенные расчеты позволили выявить некоторые закономерности влияния относительной влажности атмосферного воздуха на здоровье человека и сделать следующие выводы:

- уравнения зависимости влияния относительной влажности на заболеваемость чаще всего имеют два экстремума, иногда 3;
- первый экстремум характеризует срок проявления заболеваемости и равен в среднем трем суткам;
- второй экстремум определяет начало инфицирования и равен в среднем 9,5 суткам;
- третий экстремум, по-видимому, связан с продолжительностью жизни коронавируса и его активизацией в определенных атмосферных условиях;
- инкубационный период COVID-19, рассчитанный как разница между вторым и первым экстремумами, равен в среднем 6,4 суток;
- сроки периода оптимальной относительной влажности, когда уровень заболеваемости связан с ней обратной пропорциональной зависимостью, очень хорошо коррелирует со среднегодовой относительной влажностью атмосферного воздуха на территории;
- начало периода оптимальной влажности может быть рассчитано с помощью уравнения $Y_1 = 1,501X - 48,943$, где Y_1 — относительная влажность начала оптимального периода, %; X — среднегодовая относительная влажность на территории, %;
- окончание периода оптимальной влажности может быть рассчитано с помощью уравнения $Y_2 = 1,501X - 48,943$, где Y_2 — относительная влажность окончания оптимального периода, %; X — среднегодовая относительная влажность на территории, %.

Полученные результаты подтверждают высокую степень влияния относительной влажности атмосферного воздуха на динамику развития COVID-19 и позволяют делать прогнозы относительно времени наступления периодов наиболее опасной эпидемиологической обстановки.

Информация о вкладе авторов: Кривошеев В.В. — разработка дизайна исследования, получение данных

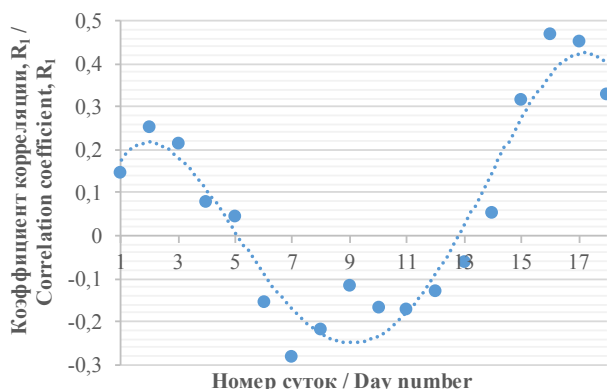


Рис. 15. Зависимость коэффициента корреляции R_1 от времени в Хабаровском крае

Fig. 15. Time dependence of the correlation coefficient R_1 in the Khabarovsk Region

Примечание / Notes: $y = -0,0002x^4 + 0,0063x^3 - 0,0698x^2 + 0,2069x + 0,0341$; $R^2 = 0,9213$; $X_1 = 1,97$, $X_2 = 9,07$, $X_3 = 17,2$

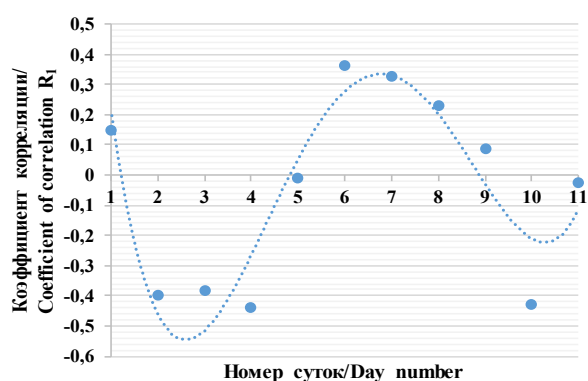


Рис. 16. Зависимость коэффициента корреляции R_1 от времени в Мурманской области

Fig. 16. Time dependence of the correlation coefficient R_1 in the Murmansk Region

Примечание / Notes: $y = 0,0032x^4 - 0,0849x^3 + 0,7358x^2 - 2,325x + 1,869$; $R^2 = 0,8626$; $X_1 = 2,77$, $X_2 = 7,76$, $X_3 = 12,66$

для анализа, написание текста рукописи, обзор публикаций по теме статьи; Столяров А.И. — анализ полученных данных, написание текста рукописи.

Финансирование: работа не имела спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References

- Akimkin VG, Kuzin SN, Semenenko TA, *et al.* Patterns of the SARS-CoV-2 epidemic spread in a megacity. *Problems of Virology*. 2020; 65(4):203–211. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.36233/0507-4088-2020-65-4-203-211>
- Danilenko DM, Komissarov AB, Stukova MA, *et al.* To be or not to be: forecast of Covid-19 epidemic development in Russia. *Journal Infectology*. 2020; 12(3):6–11. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.22625/2072-6732-2020-12-3-6-11>
- Lvov DK, Alkhovsky SV, Kolobukhina LV, *et al.* Etiology of epidemic outbreaks COVID-19 in Wuhan, Hubei province, Chinese People Republic associated with the 2019-nCoV (*Nidovirales, Coronaviridae, Coronavirinae, Betacoronavirus, Subgenus Sarbecovirus*): lessons of SARS-CoV outbreak. *Problems of Virology*. 2020; 65(1):6–15. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.36233/0507-4088-2020-65-1-6-15>
- Islam A, Hasanuzzaman Md, Azad Md, *et al.* Effect of meteorological factors on COVID-19 cases in Bangladesh. *Environ Dev Sustain*. 2020; 1–24. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10668-020-01016-1>
- Auler CA, Cássaro FAM, da Silva VO, *et al.* Evidence that high temperatures and intermediate relative humidity might favor the spread of COVID-19 in tropical climate: A case study for the most affected Brazilian cities. *Sci Total Environ*. 2020; 729:139090. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139090>
- Li AY, Hannah TC, Durbin JR, *et al.* Multivariate analysis of black race and environmental temperature on COVID-19 in the US. *Am J Med Sci*. 2020; 360(4):348–356. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.amjms.2020.06.015>
- Asyary A, Veruswati M. Sunlight exposure increased Covid-19 recovery rates: A study in the central pandemic area of Indonesia. *Sci Total Environ*. 2020; 729:139016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139016>
- Smit AJ, Fitchett JM, Engelbrecht FA, *et al.* Winter is coming: A southern hemisphere perspective of the environmental drivers of SARS-CoV-2 and the potential seasonality of COVID-19. *Int J Environ Res Public Health*. 2020; 17(16):5634. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph17165634>
- Altamimi A, Ahmed AE. Climate factors and incidence of Middle East respiratory syndrome coronavirus. *J Infect Public Health*. 2020; 13(5):704–708. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jiph.2019.11.011>
- Adhikari A, Yin J. Short-term effects of ambient ozone, PM_{2.5}, and meteorological factors on COVID-19 confirmed cases and deaths in Queens, New York. *Int J Environ Res Public Health*. 2020; 17(11):4047. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph17114047>
- Cai QC, Lu J, Xu QF, *et al.* Influence of meteorological factors and air pollution on the outbreak of severe acute respiratory syndrome. *Public Health*. 2007; 121(4):258–265. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2006.09.023>
- Rosario DKA, Mutz YS, Bernardes PC, *et al.* Relationship between COVID-19 and weather: Case study in a tropical country. *Int J Hyg Environ Health*. 2020; 229:113587. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2020.113587>
- Rashed EA, Kodera S, Gomez-Tame J, *et al.* Influence of absolute humidity, temperature and population density on COVID-19 spread and decay durations: Multi-prefecture study in Japan. *Int J Environ Res Public Health*. 2020; 17(15):5354. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph17155354>
- Benedetti F, Pachetti M, Marini B, *et al.* Inverse correlation between average monthly high temperatures and COVID-19-related death rates in different geographical areas. *J Transl Med*. 2020; 18(1):251. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12967-020-02418-5>
- Passerini G, Mancinelli E, Morichetti M, *et al.* A preliminary investigation on the statistical correlations between SARS-CoV-2 spread and local meteorology. *Int J Environ Res Public Health*. 2020; 17(11):4051. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph17114051>
- Islam N, Bukhari Q, Jameel Y, *et al.* COVID-19 and climatic factors: A global analysis. *Environ Res*. 2021; 193:110355. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110355>
- Runkle JD, Sugg MM, Leeper RD, *et al.* Short-term effects of specific humidity and temperature on COVID-19 morbidity in select US cities. *Sci Total Environ*. 2020; 740:140093. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140093>
- Liu J, Zhou J, Yao J, *et al.* Impact of meteorological factors on the COVID-19 transmission: A multi-city study in China. *Sci Total Environ*. 2020; 726:138513. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138513>
- Tan J, Mu L, Huang J, *et al.* An initial investigation of the association between the SARS outbreak and weather: with the view of the environmental temperature and its variation. *J Epidemiol Community Health*. 2005; 59(3):186–192. DOI: <https://doi.org/10.1136/jech.2004.020180>
- Yuan J, Yun H, Lan W, *et al.* A climatologic investigation of the SARS-CoV outbreak in Beijing, China. *Am J Infect Control*. 2006; 34(4):234–236. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2005.12.006>
- Lin J, Huang W, Wen M, *et al.* Containing the spread of coronavirus disease 2019 (COVID-19): Meteorological factors and control strategies. *Sci Total Environ*. 2020; 744:140935. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140935>
- Li K. The link between humidity and COVID-19 caused death. *J Biosci Med*. 2020; 8(6):50–55. DOI: <https://doi.org/10.4236/jbm.2020.86005>
- Goswami K, Bharali S, Hazarika J. Projections for COVID-19 pandemic in India and effect of temperature and humidity. *Diabetes Metab Syndr*. 2020; 14(5):801–805. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dsx.2020.05.045>
- Pramanik M, Udmale P, Bisht P, *et al.* Climatic factors influence the spread of COVID-19 in Russia. *Int J Environ Health Res*. 2020; 1–15. DOI: <https://doi.org/10.1080/09603123.2020.1793921>
- Guasp M, Laredo C, Urrea X. Higher solar irradiance is associated with a lower incidence of coronavirus disease 2019. *Clin Infect Dis*. 2020; 71(16):2269–2271. DOI: <https://doi.org/10.1093/cid/ciaa575>
- Ward MP, Xiao S, Zhang Z. Humidity is a consistent climatic factor contributing to SARS-CoV-2 transmission. *Transbound Emerg Dis*. 2020; 67(6):3069–3074. DOI: <https://doi.org/10.1111/tbed.13766>
- Ward MP, Xiao S, Zhang Z. The role of climate during the COVID-19 epidemic in New South Wales, Australia. *Transbound Emerg Dis*. 2020; 67(6):2313–2317. DOI: <https://doi.org/10.1111/tbed.13631>
- Al-Rousan N, Al-Najjar H. The correlation between the spread of COVID-19 infections and weather variables in 30 Chinese provinces and the impact of Chinese government mitigation plans. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2020; 24(8):4565–4571. DOI: https://doi.org/10.26355/eurrev_202004_21042
- Jüni P, Rothenbühler M, Bobos P, *et al.* Impact of climate and public health interventions on the COVID-19 pandemic: a prospective cohort study. *CMAJ*. 2020; 192(21):E566–E573. DOI: <https://doi.org/10.1503/cmaj.200920>
- Bukhari Q, Massaro JM, D'Agostino Sr RB, *et al.* Effects of weather on coronavirus pandemic. *Int J Environ Res Public Health*. 2020; 17(15):5399. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph17155399>
- Sahoo PK, Mangla S, Pathak AK, *et al.* Pre-to-post lockdown impact on air quality and the role of environmental factors in spreading the COVID-19 cases – a study from a worst-hit state of India. *Int J Biometeorol*. 2020; 1–18. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00484-020-02019-3>
- Sarkodie SA, Owusu PA. Impact of meteorological factors on COVID-19 pandemic: Evidence from top 20 countries with confirmed cases. *Environ Res*. 2020; 191:110101. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110101>
- Bolaño-Ortiz TR, Pascual-Flores RM, Puliafito SE, *et al.* Spread of COVID-19, meteorological conditions and air quality in the city of Buenos Aires, Argentina: Two facets observed during its pandemic lockdown. *Atmosphere*. 2020; 11(10), 1045. DOI: <https://doi.org/10.3390/atmos11101045>

Keywords: immunoglobulin G, COVID-19, antibodies, immunological research, immunity.

For citation: Sizova EP, Patyashina MA, Stavropolskaya LV, Badamshina GG, Fatkhutdinova LM. The study of humoral immunity in healthcare workers exposed to COVID-19 patients. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021; (2(335)):70-74. (In Russian) DOI: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-335-2-70-74>

Author information:

✉ Gulnara G. **Badamshina**, Candidate of Medical Sciences, Head, Department for Microbiological Research, Center for Hygiene and Epidemiology in the Republic of Tatarstan; Associate Professor, Kazan State Medical University of the Russian Ministry of Health; e-mail: ggbadamshina@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0088-6422>

Elena P. **Sizova**, Head Doctor, Center for Hygiene and Epidemiology in the Republic of Tatarstan; e-mail: fguz@16.rospotrebnadzor.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6302-3993>

Marina A. **Patyashina**, D.M.Sc., Chief, Department of Rospotrebnadzor for the Republic of Tatarstan; e-mail: rpn.rt@tatar.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8642-5194>

Lidiya V. **Stavropolskaya**, Candidate of Medical Sciences, Deputy Head Doctor, Center for Hygiene and Epidemiology in the Republic of Tatarstan; e-mail: stavropolskaya2016@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5987-5328>

Liliya M. **Fatkhutdinova**, D.M.Sc., Professor, Head of the Department for Hygiene, Occupational Medicine, Kazan State Medical University of the Russian Ministry of Health; e-mail: liliya.fatkhutdinova@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9506-563X>

Введение. Сложившаяся в настоящее время ситуация с распространением новой коронавирусной инфекции в мире остается напряженной [1–9].

Внимание специалистов здравоохранения обращено на эпидемию COVID-19 вследствие выхода инфекции за пределы допустимого уровня биологического риска [4, 10–12]. На сегодняшний день распространение и прогрессирование заболевания происходит достаточно быстро [5, 13], а наиболее уязвимой профессиональной группой по наличию высокого риска заражения COVID-19 являются медицинские работники (далее – МР) как звено, первично реагирующее на возникновение инфекции.

Защита медицинских работников от заражения COVID-19, мониторинг состояния их здоровья представляют особую актуальность. Вместе с тем в Российской Федерации результаты изучения иммунологической защищенности медицинского персонала освещены недостаточно, вопросы маркеров развития инфекции, диагностики COVID-19, представленные в литературе рядом авторов, преимущественно решаются выявлением РНК SARS-CoV-2 в биоматериале пациентов [1, 3, 7, 8, 11, 14–17].

Целью данной работы явилось изучение состояния гуморального иммунитета по наличию антител класса G к вирусу возбудителя COVID-19 у медицинских работников.

Материалы и методы. Изучение напряженности иммунитета к COVID-19 проведено в рамках оценки популяционного иммунитета к вирусу SARS-CoV-2 согласно письму Роспотребнадзора¹ на базе лабораторий ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Татарстан (Татарстан)». Основную группу обследованных составили 345 медицинских работников, среди которых были обследованы врачи ($45,8 \pm 2,7\%$) и медицинские сестры ($54,2 \pm 2,7\%$) различных специальностей, которые могли контактировать с пациентами с диагнозами новой коронавирусной инфекции. Среди обследованных МР в $83,2 \pm 2,0\%$ случаев были женщины, в $16,8 \pm 2,0\%$ случаев – мужчины.

Средний возраст медицинских работников составил $46,7 \pm 0,7$ года: мужчин – $45,5 \pm 1,8$ года, женщин – $44,3 \pm 0,80$ года; медицинских сестер – $44,2 \pm 0,9$ года, врачей – $48,7 \pm 1,1$ года. Группу сравнения составил инженерно-технический персонал ($n = 72$), сопоставимый по возрасту (средний возраст – $43,4 \pm 1,3$ года) и

полу (мужчины – $16,7 \pm 4,4\%$ обследованных (средний возраст – $43,7 \pm 3,5$ года), женщины – $83,3 \pm 4,4\%$ обследованных (средний возраст – $44,2 \pm 1,5$ года).

Напряженность иммунитета к COVID-19 у МР изучена методом иммуноферментного анализа с использованием коммерческих наборов реагентов «Набор реагентов для анализа сыворотки крови человека на наличие специфических иммуноглобулинов класса G к нуклеокапсиду вируса SARS-CoV-2 методом иммуноферментного анализа» производства ФБУН «Государственный научный центр прикладной микробиологии и биотехнологии» Роспотребнадзора (г. Оболенск)².

Оценка напряженности иммунитета у медицинских работников проведена на основе измерения оптической плотности контрольного и испытуемых образцов на спектрофотометре (анализаторе иммуноферментного микропланшетном автоматическом Infinite F50, Tecan Austria GmbH, (Австрия)) при длине волны 450 нм, расчете значения cut off согласно формуле, указанной в инструкции к тест-системе, и в соответствии с письмом ФБУН «Государственный научный центр прикладной микробиологии и биотехнологии» Роспотребнадзора³. Диагностически значимым на наличие антител Ig G к вирусу SARS-CoV-2 считался образец, если соответствующее ему значение оптической плотности было больше или равно пороговому значению методики (cut off). В данной работе для количественного описания уровня антител и наличия антител у МР использовался индекс позитивности (ИП), представляющий собой отношение оптической плотности образца к пороговому значению методики (cut-off level). Пробы, в которых значения ИП превышали пороговое значение методики, были отнесены к положительным (диагностически значимым) пробам на наличие антител IgG к вирусу SARS-CoV-2.

Для обработки полученных результатов использованы общепринятые методы параметрической и непараметрической статистики. Для сравнения абсолютных значений применен t-критерий Стьюдента; для относительных величин – критерий χ^2 с поправкой Йетса на непрерывность. Различия считались достоверными при значении $p < 0,05$.

Результаты. По данным проведенных иммунологических исследований установлено, что в группе медицинских работников средний

¹ Письмо Роспотребнадзора от 19.06.2020 № 02/125-2020-27.

² Серия 04 (дата изготовления 04.2020, РУ № РЗН 2020/10268 от 08.05.2020).

³ Письмо от 23.07.2020 № 150-50/1-04-1370-2020.

уровень индекса позитивности антител IgG к вирусу SARS-CoV-2 по сравнению с показателем группы сравнения был достоверно выше ($t(344) = 2,56$, $p < 0,05$); максимальные значения показателя ИП у МР в 3 раза превышали показатели группы сравнения (табл. 1).

Лица с диагностически значимым уровнем IgG к вирусу SARS-CoV-2 (у которых значения ИП в сыворотке крови превышали пороговое значение методики) среди МР были выявлены в $37,1 \pm 2,6$ % случаев, что в 1,3 раза чаще, чем в группе сравнения ($27,8 \pm 5,3$ %), однако статистическая значимость различий отсутствовала.

При сравнении напряженности иммунитета к вирусу SARS-CoV-2 у медицинских сестер и врачей по уровню ИП статистически достоверных различий выявлено не было (табл. 1).

При этом медицинские сестры имели более высокий уровень ИП относительно контрольной группы ($t(186) = 2,75$, $p < 0,05$). Кроме того, у медицинских сестер наличие антител IgG к вирусу SARS-CoV-2 встречалось достоверно чаще, чем у врачей ($42,2 \pm 3,6$ % против $31,0 \pm 3,7$ %, $\chi^2(1) = 4,16$, $p < 0,05$) и в группе сравнения ($42,2 \pm 3,6$ % против $27,8 \pm 5,3$ %, $\chi^2(1) = 4,02$, $p < 0,05$).

При включении в анализ только лиц с диагностически значимыми уровнями ИП (более 1,1) статистически значимых различий между группами по уровням индекса позитивности

антител Ig G к вирусу SARS-CoV-2 выявлено не было (табл. 2).

Анализ уровней индекса позитивности антител IgG к вирусу SARS-CoV-2 и распространенности диагностически значимых уровней индекса позитивности у мужчин и женщин основной группы и группы сравнения статистически значимых различий не выявил (табл. 3).

Анализ средних уровней индекса позитивности антител Ig G к вирусу SARS-CoV-2 и распространенности диагностически значимых уровней индекса позитивности у исследуемых групп по возрастам статистически значимых различий не выявил (табл. 4).

Обсуждение полученных результатов. Результаты проведенных исследований свидетельствуют о более высоком ИП и высокой распространенности диагностически значимых уровней ИП у медицинских сестер по сравнению с врачами и группой сравнения, что, вероятно, может быть следствием длительного контакта с пациентами, имеющими инфекцию COVID-19. Наличие антител класса G свидетельствует о том, что индивид подвергался воздействию SARS-CoV-2 [18, 19]. Средний медицинский персонал, учитывая функциональные обязанности, связанные с более высокой кратностью контакта с пациентами (выполнение инъекций, постановка инфузионных систем, выдача лекарственных препаратов, термометрия и другие

Таблица 1. Показатели индекса позитивности на наличие антител IgG к вирусу SARS-CoV-2 у обследованных
Table 1. SARS-CoV-2 IgG antibody response index values in the study participants

№	Обследованные/ Examined subjects	n	M ± m, y.e./ c.u.	σ, y.e./ c.u.	95 % интервал для M, y.e. / 95 % CI for M	Диапазон (min-max), y.e. / Range (min-max)
1	Медицинские сестры / Nurses	187	1,21 ± 0,08*	1,45	0–2,67	0,08–10,90
2	Врачи / Physicians	158	1,00 ± 0,10	1,25	0–2,28	0,01–11,78
3	Медицинские работники / All healthcare workers	345	1,11 ± 0,07*	1,37	0–2,48	0,008–11,78
4	Контрольная группа / Comparison group	72	0,88 ± 0,09	0,76	0,12–1,63	0,049–3,83

Примечание: * – статистически достоверные отличия по критерию Стьюдента t ($p < 0,05$).

Note: * – The Student's t-test showed significance in differences between two groups ($p < 0,05$).

Таблица 2. Показатели индекса позитивности у медицинских работников с наличием антител IgG к вирусу SARS-CoV-2
Table 2. Antibody response index values in the healthcare workers tested positive for SARS-CoV-2 IgG

№	Обследованные / Examined subjects	n	M ± m, y.e. / c.u.	σ, y.e. / c.u.	95 % интервал для M, y.e. / 95 % CI for M	Диапазон (min-max), y.e. / Range (min-max)
1	Медицинские сестры / Nurses	79	2,11 ± 0,25	1,75	0,35–3,87	1,02–11,78
2	Врачи / Physicians	49	2,21 ± 0,20	1,78	0,43–4,00	1,02–10,90
3	Медицинские работники (группа в целом) / All healthcare workers tested positive for SARS-CoV-2 IgG	128	2,17 ± 0,16	1,78	0,40–3,94	0,16–11,78
4	Группа сравнения / Comparison group	72	1,77 ± 0,29	1,29	0,48–3,10	0,05–3,83

Таблица 3. Показатели индекса позитивности антител IgG к вирусу SARS-CoV-2 у мужчин и женщин основной группы и группы сравнения
Table 3. SARS-CoV-2 IgG antibody response index values in the study participants by sex

№	Обследованные / Examined subjects	n	M ± m, y.e. / c.u.	σ, y.e. / c.u.	95 % интервал для M, y.e. / 95 % CI for M	Диапазон (min-max), y.e. / Range (min-max)	Доля лиц, с наличием антител, % ± m / Proportion of individuals tested positive for IgG, % ± m
<i>Основная группа / Healthcare workers</i>							
1	Мужчины / Men	17	2,72 ± 0,66	2,72	0,00–5,44	1,11–11,78	29,3 ± 5,98
2	Женщины / Women	111	2,09 ± 0,15	1,57	0,51–3,67	1,02–10,90	38,7 ± 2,88
<i>Группа сравнения / Comparison group</i>							
1	Мужчины / Men	2	1,10 ± 0,05	0,29	1,04±1,21	1,07–1,81	16,7 ± 4,4
2	Женщины / Women	18	1,84 ± 0,21	0,89	0,94–2,74	1,00–2,74	30,0 ± 5,4

Таблица 4. Показатели индекса позитивности антител IgG к вирусу SARS-CoV-2 у основной группы и группы сравнения по возрастам

Table 4. SARS-CoV-2 IgG antibody response index values in the study participants by age

№	Обследованные / Examined subjects	Показатель / Indicator	Возраст, годы / Age, years					
			20–29	30–39	40–49	50–59	60–69	70–79
1	Медицинские работники / Healthcare workers	<i>n</i>	46	88	85	74	39	13
		<i>M</i> ± <i>m</i> , у.е. / с.у.	0,8 ± 0,08	1,0 ± 0,1	1,2 ± 0,2	1,3 ± 0,2	1,1 ± 0,3	1,0 ± 0,2
		<i>σ</i> , у.е./ с.у.	0,6	1,0	1,8	1,3	1,8	0,6
		% ± <i>m</i>	21,7 ± 1,3	37,2 ± 5,2	34,1 ± 5,1	48,7 ± 5,8	33,3 ± 7,5	46,5 ± 14,4
2	Группа сравнения / Comparison group	<i>n</i>	5	25	20	13	8	0
		<i>M</i> ± <i>m</i> , у.е./ с.у.	0,9 ± 0,3	0,9 ± 0,2	1,1 ± 0,2	1,1 ± 0,2	1,2 ± 0,2	–
		<i>σ</i> , у.е./ с.у.	0,6	1,0	0,4	0,7	0,6	–
		% ± <i>m</i>	40,0 ± 24,5	20,0 ± 8,2	15,0 ± 8,2	38,5 ± 14,0	62,6 ± 18,3	–

Примечание: % – удельный вес лиц, со значениями индекса позитивности, превышающими индекс позитивности контролей.

Note: % – the proportion of individuals with IgG antibody response index values exceeding those of controls.

манипуляции), имеет больший риск инфицирования SARS-CoV-2.

Согласно мнению исследователей, IgG к вирусу SARS-CoV-2 в сыворотке крови появляются в результате встречи организма с возбудителем, в результате которой происходит нарастание клинической симптоматики или бессимптомное носительство [18–20]. Наличие у $37,1 \pm 2,6\%$ МР антител данного класса может являться следствием как перенесенной инфекции, так и бессимптомного носительства у обследованного медицинского персонала, что требует дальнейшего изучения. Величина реакции антител, по мнению ряда авторов, может коррелировать с тяжестью заболевания [16].

Согласно общепринятому мнению о механизмах иммунного ответа к вирусным инфекциям [16, 18, 21], для медицинских работников, у которых выявлены антитела IgG к вирусу SARS-CoV-2, можно было бы предположить наличие защитного иммунитета к коронавирусной инфекции, однако данный вопрос требует дальнейшего исследования [22]. Тем не менее, в текущей эпидемиологической ситуации выявление антител IgG к вирусу SARS-CoV-2 может быть использовано для принятия решения о распределении обязанностей среди медицинского персонала [11, 12]. Продолжительность защиты лиц, имеющих антитела, на сегодняшний день неизвестна [11, 19, 23–30].

Выводы. По данным иммунологических исследований на наличие антител Ig G к вирусу SARS-CoV-2 установлено, что средний уровень индекса позитивности у медицинских работников достоверно выше по отношению к группе сравнения. У медицинских сестер наличие антител IgG к вирусу SARS-CoV-2 выявлено достоверно чаще, чем у врачей и лиц из группы сравнения, при этом диагностически значимый уровень ИП антител IgG к вирусу SARS-CoV-2 в этой профессиональной группе встречался чаще, чем в группе сравнения.

Информация о вкладе авторов: Е.П. Сизова – изучение обзора литературы, формирование цели, задач исследования, организация исследования, обобщение полученных результатов; М.А. Пяташина – организация исследования, обобщение полученных результатов, написание выводов; Л.В. Ставропольская – изучение актуальности исследования, организация исследования, обобщение полученных результатов; Г.Г. Бадамшина – изучение обзора литературы, формирование цели, задач исследования, организация

исследования, проведение исследования, статистическая обработка, построение таблиц, обобщение полученных результатов, написание выводов, перевод статьи; Л.М. Фатхутдинова – изучение обзора литературы, формирование цели, задач исследования, построение таблиц, обобщение полученных результатов, написание выводов, перевод статьи.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение правил биоэтики: все участники исследования подписали согласие на участие в исследовании. Пациенты подписали информированное согласие на публикацию данных.

Список литературы (пп. 3, 7–11, 13, 15–20, 22–30 см. References)

- Хегай С.В., Джапарова А.К., Дуйшеналиева Э.М., и др. Молекулярная диагностика коронавирусной инфекции в Кыргызской Республике // Проблемы особо опасных инфекций. 2020. № 2. С. 141–143.
- Рахманова Д.Н. Клинические особенности коронавирусной инфекции // Вестник науки. 2020. Т. 3. № 7 (28). С. 104–108.
- Романов Б.К. Коронавирусная инфекция COVID-2019 // Безопасность и риск фармакотерапии. 2020. Т. 8. № 1. С. 3–8.
- Санникова Н.Р., Тетерина А.Д., Железнова А.Д. Клинические особенности коронавирусной инфекции COVID-19 // Медицинское образование сегодня. 2020. № 3 (11). С. 181–190.
- Колодкина Е.В., Бакулина Е.А., Беккер Е.Д. Этиология коронавирусной инфекции // Медицинское образование сегодня. 2020. № 3 (11). С. 157–164.
- Колодкина Е.В., Латышко О.В. Патогенез коронавирусной инфекции // Медицинское образование сегодня. 2020. № 3 (11). С. 165–173.
- Никифоров В.В., Суранова Т.Г., Чернобровкина Т.Я. и др. Новая коронавирусная инфекция (COVID-19): клиничко-эпидемиологические аспекты // Архив внутренней медицины. 2020. Т. 10. № 2 (52). С. 87–93.
- Бевова М.Р., Нетесов С.В., Аульченко Ю.С. Новая коронавирусная инфекция COVID-19 // Молекулярная генетика, микробиология и вирусология. 2020. Т. 38. № 2. С. 51–58.

References

- Khgay SV, Dzhaparova AK, Dushenalieva EM, et al. Molecular diagnostics of coronavirus infection in the Kyrgyz Republic. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsiy*. 2020; (2):141–143. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.21055/0370-1069-2020-2-141-143>

2. Rakhmanova DN. [Clinical features of coronavirus infection.] *Vestnik Nauki*. 2020; 3(7(28)):104–108. (In Russian).
3. Chernyshova LI. Coronavirus disease (lecture). *Aktual'naya Infektologiya*. 2020; 8(2):6–9. (In Ukrainian). DOI: <https://doi.org/10.22141/2312-413x.8.2.2020.199729>
4. Romanov BK. Coronavirus disease COVID-2019. *Bezopasnost' i Risk Farmakoterapii*. 2020; 8(1):3–8. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.30895/2312-7821-2020-8-1-3-8>
5. Sannikova NR, Teterina AD, Zheleznova AD. Clinical features of coronavirus infection COVID-19. *Meditsinskoe Obrazovanie Segodnya*. 2020; (3(11)):181–190. (In Russian).
6. Kolodkina EV, Bakulina EA, Bekker ED. Etiology of coronavirus infection. *Meditsinskoe Obrazovanie Segodnya*. 2020; (3(11)):157–164. (In Russian).
7. Zhai P, Ding Y, Wu X, et al. The epidemiology, diagnosis and treatment of COVID-19. *Int J Antimicrob Agents*. 2020; 55(5):105955. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2020.105955>
8. Long QX, Liu BZ, Deng HJ, et al. Antibody responses to SARS-CoV-2 in patients with COVID-19. *Nat Med*. 2020; 26(6):845–848. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41591-020-0897-1>
9. Lee C, Lin R, Renia L, et al. Serological approaches for COVID-19: Epidemiologic perspective on surveillance and control. *Front Immunol*. 2020; 11:879. DOI: <https://doi.org/10.3389/fimmu.2020.00879>
10. Wang B, Wang L, Kong X, et al. Long-term coexistence of SARS-CoV-2 with antibody response in COVID-19 patients. *J Med Virol*. 2020; 92(9):1684–1689. DOI: <https://doi.org/10.1002/jmv.25946>
11. Patel R, Babady E, Theel ES, et al. Report from the American Society for Microbiology COVID-19 International Summit, 23 March 2020: Value of Diagnostic Testing for SARS-CoV-2/COVID-19. *mBio*. 2020; 11(2):e00722–20. DOI: <https://doi.org/10.1128/mBio.00722-20>
12. Kolodkina EV, Latyshko OV. Pathogenesis of coronavirus infection. *Meditsinskoe Obrazovanie Segodnya*. 2020; (3(11)):165–173. (In Russian).
13. Shen L, Wang C, Zhao J, et al. Delayed specific IgM antibody responses observed among COVID-19 patients with severe progression. *Emerg Microbes Infect*. 2020; 9(1):1096–1101. DOI: <https://doi.org/10.1080/22221751.2020.1766382>
14. Nikiforov VV, Suranova TG, Chernobrovkina TYu, et al. New coronavirus infection (Covid-19): Clinical and epidemiological aspects. *Arkhiv Vnutrenney Meditsiny*. 2020; 10(2):87–93. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.20514/2226-6704-2020-10-2-87-93>
15. Pancrazzi A, Magliocca P, Lorubbio M, et al. Comparison of serologic and molecular SARS-CoV 2 results in a large cohort in Southern Tuscany demonstrates a role for serologic testing to increase diagnostic sensitivity. *Clin Biochem*. 2020; 84:87–92. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clinbiochem.2020.07.002>
16. Özçürümez MK, Ambrosch A, Frey O, et al. SARS-CoV-2 antibody testing – questions to be asked. *J Allergy Clin Immunol*. 2020; 146(1):35–43. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2020.05.020>
17. Zhang L, Pang R, Xue X, et al. Anti-SARS-CoV-2 virus antibody levels in convalescent plasma of six donors who have recovered from COVID-19. *Aging (Albany NY)*. 2020; 12(8):6536–6542. DOI: <https://doi.org/10.18632/aging.103102>
18. Mathur G, Mathur S. Antibody testing for COVID-19. *Am J Clin Pathol*. 2020; 154(1):1–3. DOI: <https://doi.org/10.1093/ajcp/aqaa082>
19. Chowdhury MA, Hossain N, Kashem MA, et al. Immune response in COVID-19: A review. *J Infect Public Health*. 2020; 13(11):1619–1629. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jiph.2020.07.001>
20. Paces J, Strizova Z, Smrz D, et al. COVID-19 and the immune system. *Physiol Res*. 2020; 69(3):379–388. DOI: <https://doi.org/10.33549/physiolres.934492>
21. Bevova MR, Netesov SV, Aulchenko YuS. New coronavirus infection COVID-19. *Molekulyarnaya Genetika, Mikrobiologiya i Virusologiya*. 2020; 38(2):51–58. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.17116/molgen20203802151>
22. Altmann DM, Douek DC, Boyton RJ. What policy makers need to know about COVID-19 protective immunity. *Lancet*. 2020; 395(10236):1527–1529. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30985-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30985-5)
23. Randolph HE, Barreiro LB. Herd immunity: Understanding COVID-19. *Immunity*. 2020; 52(5):737–741. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.immuni.2020.04.012>
24. Kadkhoda K. COVID-19: an immunopathological view. *mSphere*. 2020; 5(2):e00344–20. DOI: <https://doi.org/10.1128/mSphere.00344-20>
25. Kang H, Wang Y, Tong Z, et al. Retest positive for SARS-CoV-2 RNA of “recovered” patients with COVID-19: Persistence, sampling issues, or re-infection? *J Med Virol*. 2020; 92(11):2263–2265. DOI: <https://doi.org/10.1002/jmv.26114>
26. Shi Y, Wang G, Cai XP, et al. An overview of COVID-19. *J Zhejiang Univ Sci B*. 2020; 21(5):343–360. DOI: <https://doi.org/10.1631/jzus.B2000083>
27. Lotfi M, Hamblin MR, Rezaei N. COVID-19: Transmission, prevention, and potential therapeutic opportunities. *Clin Chim Acta*. 2020; 508:254–266. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cca.2020.05.044>
28. Asselah T, Durantel D, Pasmant E, et al. COVID-19: Discovery, diagnostics and drug development. *J Hepatol*. 2021; 74(1):168–184. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhep.2020.09.031>
29. Rodriguez Y, Novelli L, Rojas M, et al. Autoinflammatory and autoimmune conditions at the crossroad of COVID-19. *J Autoimmun*. 2020; 114:102506. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaut.2020.102506>
30. Brüssow H. Immunology of COVID-19. *Environ Microbiol*. 2020; 22(12):4895–4908. DOI: <https://doi.org/10.1111/1462-2920.15302>

Статья получена: 18.01.21
 Принята в печать: 03.02.21
 Опубликовано: 26.02.21



© Шиянова А.Е., Чумачкова Е.А., Дмитриева Л.Н., 2021

УДК 614.4+614.38+614.8

Межведомственные учения по санитарной охране территории в международных автомобильных пунктах пропускаА.Е. Шиянова¹, Е.А. Чумачкова², Л.Н. Дмитриева²¹ФКУЗ «Противочумный центр» Роспотребнадзора,
ул. Мусоргского, д. 4, г. Москва, 127490, Российская Федерация²ФКУЗ «Российский научно-исследовательский противочумный институт «Микроб»
Роспотребнадзора, ул. Университетская, д. 46, г. Саратов, 410005, Российская Федерация

Резюме: Введение. При обеспечении готовности субъектов Российской Федерации к проведению противоэпидемических мероприятий в случае завоза опасных инфекционных заболеваний, в том числе новой коронавирусной инфекции, большое значение имела соответствующая подготовка специалистов медицинских организаций, органов и учреждений Роспотребнадзора, а также специалистов немедицинского профиля. Цель исследования: совершенствование методического сопровождения межведомственного взаимодействия при осуществлении мероприятий по санитарной охране территории в автомобильных пунктах пропуска через государственную границу Российской Федерации. Материалы и методы: анализ межведомственных тренировочных учений в международных автомобильных пунктах пропуска через государственную границу Российской Федерации, в том числе в период подготовки к Чемпионату мира по футболу 2018 г., и их протоколов; нормативно-методическая база, затрагивающая аспекты проведения межведомственных тренировочных учений в международных пунктах пропуска. Результаты исследования. Проанализирована полнота реализации, организационная структура, содержание и методические аспекты межведомственного взаимодействия в ходе учений в международных автомобильных пунктах пропуска. Предложена единая методика проведения тренировочных учений, учитывающая современные аспекты работы пункта пропуска и требования по обеспечению биологической безопасности. В статье представлены рекомендации по порядку проведения учений по теме «Организация противоэпидемических мероприятий при выявлении больного с подозрением на ООИ» в международных автомобильных пунктах пропуска.

Ключевые слова: санитарная охрана территории, автомобильные пункты пропуска, противоэпидемические мероприятия, массовые мероприятия с международным участием, тренировочные учения.

Для цитирования: Шиянова А.Е., Чумачкова Е.А., Дмитриева Л.Н. Межведомственные учения по санитарной охране территории в международных автомобильных пунктах пропуска // Здоровье населения и среда обитания. 2021. № 2 (335). С. 75–83. DOI: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-335-2-75-83>

Информация об авторах:

Шиянова Ангела Евгеньевна – к.м.н., врач-эпидемиолог отдела эпидемиологии ФКУЗ «Противочумный Центр» Роспотребнадзора; e-mail: shijanovaae@gmail.com; <http://orcid.org/0000-0002-7933-8383>.

✉ **Чумачкова** Елена Арнольдовна – н.с. отдела эпидемиологии Российского научно-исследовательского противочумного института «Микроб» Роспотребнадзора; e-mail: rusrapi@microbe.ru; <http://orcid.org/0000-0001-9877-5258>.

Дмитриева Людмила Николаевна – н.с. отдела эпидемиологии Российского научно-исследовательского противочумного института «Микроб» Роспотребнадзора; e-mail: rusrapi@microbe.ru; <http://orcid.org/0000-0002-3564-985X>.

Interdepartmental Drills on Sanitary Protection of the Territory at Border Patrol CheckpointsА.Е. Shyanova,¹ Е.А. Chumachkova,² Л.Н. Dmitrieva²¹Plague Control Center of Rospotrebnadzor, 4 Mussorgsky Street, Moscow, 127490, Russian Federation²Russian Research Anti-Plague Institute "Microbe" of Rospotrebnadzor,
46 Universitetskaya Street, Saratov, 410005, Russian Federation

Summary. Introduction: When ensuring preparedness of constituent entities of the Russian Federation to take anti-epidemic measures in order to respond to imported infections, including the novel coronavirus disease, appropriate training of healthcare workers, specialists of bodies and institutions of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing (Rospotrebnadzor) and non-medical specialists was important. The objective of our work was to improve methodological support of inter-agency collaboration in implementing activities on sanitary protection of the territories at border patrol checkpoints. Materials and methods: We analyzed reports on interdepartmental drills at Russian border patrol highway checkpoints, including those conducted within the preparation for 2018 FIFA World Cup, and regulations on the aspects of interdepartmental drills at international border crossing points. Results: We assessed completeness of implementation, organizational structure, content, and methodological aspects of interdepartmental cooperation in the course of drills at highway checkpoints and proposed a unified approach to conducting training with account for realities of checkpoint functioning and requirements for ensuring biological safety. The article provides recommendations for conducting drills on anti-epidemic measures to be taken when identifying a suspected case of a highly hazardous communicable disease at border patrol checkpoints.

Keywords: sanitary protection of the territory, border patrol checkpoints, anti-epidemic measures, mass events with international participation, interdepartmental drills.

For citation: Shyanova AE, Chumachkova EA, Dmitrieva LN. Interdepartmental drills on sanitary protection of the territory at border patrol checkpoints. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021; (2(335)):75–83. (In Russian) DOI: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-335-2-75-83>

Author information:

Angela E. Shyanova, Candidate of Medical Sciences, Epidemiologist, Department for Epidemiology, Plague Control Center of Rospotrebnadzor; e-mail: shijanovaae@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-7933-8383>.

✉ Elena A. Chumachkova, Researcher, Department for Epidemiology, Russian Research Anti-Plague Institute "Microbe" of Rospotrebnadzor; e-mail: rusrapi@microbe.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9877-5258>.

Lyudmila N. Dmitrieva, Researcher, Department for Epidemiology, Russian Research Anti-Plague Institute "Microbe" of Rospotrebnadzor; e-mail: rusrapi@microbe.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3564-985X>.

Введение. При обеспечении готовности субъектов Российской Федерации к проведению противоэпидемических мероприятий в случае завоза опасных инфекционных заболеваний, в том числе новой коронавирусной инфекции, большое значение имела соответствующая подготовка специалистов медицинских организаций, органов и учреждений Роспотребнадзора, а также специалистов немедицинского профиля [1–3]. Обучение согласно нормативному документу МУ 3.4.2552–09¹ осуществлялось как в форме теоретической подготовки (проведение курсов, семинаров, консультаций, инструктажей и бесед), так и в виде практических занятий и учений. Вопросы оптимизации межведомственного взаимодействия для возможно более эффективного решения задач в области санитарной охраны территории, в том числе в ходе проведения массовых мероприятий с международным участием, в полной мере могут быть проработаны только при проведении практических межведомственных тренировочных учений [4].

Учения различного уровня, в том числе и крупномасштабные межгосударственные, включены как компоненты процедуры наблюдения и анализа в новую схему мониторинга и оценки осуществления Международных медико-санитарных правил (2005 г.) на национальном уровне по всем аспектам предупреждения, раннего выявления, оценки, уведомления, оперативного реагирования и отчета относительно ЧС в области общественного здравоохранения, разработанную Всемирной организацией здравоохранения на основе уроков, извлеченных из ситуации, связанной с эпидемией лихорадки Эбола в странах Западной Африки в 2013–2016 гг. [5, 6]. В методических рекомендациях МР 3.1.0079/2–13² проведение ведомственных и специальных межведомственных учений с участием специалистов здравоохранения, органов и организаций, осуществляющих федеральный государственный санитарно-эпидемиологический надзор, других заинтересованных ведомств на выявление большого опасной инфекционной болезнью или применение биологических патогенов обозначено как одно из важных направлений деятельности в подготовительный период к проведению массовых мероприятий с международным участием. Ранее для унификации целей и планов проти-

воэпидемических мероприятий при проведении учений было разработано методическое пособие [7], однако в нем не была затронута тема выявления больного в пункте пропуска. Этот вопрос был освещен позднее в пособии регионального уровня 1999 г. [8], а также частично в ряде публикаций, посвященных лихорадке Эбола [9–11]. В период подготовки к массовым мероприятиям была выявлена необходимость актуализации (а по некоторым пунктам – пересмотра) предложенной ранее методики проведения учений с учетом современных условий и возможностей в пунктах пропуска.

Цель исследования: совершенствование методического сопровождения межведомственного взаимодействия при осуществлении мероприятий по санитарной охране территории в автомобильных пунктах пропуска через государственную границу.

Материалы и методы: проведен анализ межведомственных тренировочных учений в международных пунктах пропуска, как плановых ежегодных, так и организованных в ходе подготовки к проведению Кубка Конфедераций и Чемпионату мира по футболу 2018 г. в одиннадцати задействованных субъектах Российской Федерации, а также протоколов плановых ежегодных учений в ряде субъектов Российской Федерации. Использован аналитический метод. Проанализирована полнота реализации, организационная структура, содержание и методические аспекты межведомственного взаимодействия. Изучена нормативно-методическая база, затрагивающая содержание противоэпидемических мероприятий, обеспечение биологической безопасности, методику проведения межведомственных тренировочных учений в международных пунктах пропуска, Административный регламент исполнения Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека государственной функции по осуществлению санитарно-карантинного контроля в пунктах пропуска на российском участке внешней границы Таможенного союза³, МУ 3.4.2552–09¹, СП 3.4.2318–08⁴, СП 1.3.3118–13⁵.

Результаты исследований. По данным Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека⁶,

¹ МУ 3.4.2552–09 «Организация и проведение первичных противоэпидемических мероприятий в случаях выявления больного (трупа), подозрительного на заболевания инфекционными болезнями, вызываемыми чрезвычайными ситуациями в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения» (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 17 сентября 2009 г.). Доступно по: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/12070459/> Ссылка активна на 02 сентября 2020.

² МР 3.1.0079/2–13 «Организация санитарно-противоэпидемического обеспечения массовых мероприятий с международным участием» (утв. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 21.10.2013 г.). Доступно по: https://www.rosпотребнадзор.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=4679 Ссылка активна на 02 сентября 2020.

³ Административный регламент исполнения Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека государственной функции по осуществлению санитарно-карантинного контроля в пунктах пропуска на российском участке внешней границы Таможенного союза» (утв. Приказом Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека от 17 июля 2012 г. № 767, с изменениями и дополнениями от 29 июня 2015 г.). Доступно по: <https://base.garant.ru/70220384/> Ссылка активна на 02 сентября 2020.

⁴ СП 3.4.2318–08 «Санитарная охрана территории Российской Федерации» (утв. от 22 января 2008 г. Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ № 3, с изменениями и дополнениями от: 25 апреля 2008 г., 11 января, 29 ноября 2016 г.). Доступно по: <https://base.garant.ru/12159874/53f89421bbdaf741eb2d1ecc4ddb4c33/> Ссылка активна на 02 сентября 2020.

⁵ СП 1.3.3118–13 «Безопасность работы с микроорганизмами I–II групп патогенности (опасности)» (утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28 ноября 2013 г. № 64). Доступно по: <https://base.garant.ru/706663038/> Ссылка активна на 02 сентября 2020.

⁶ Перечень пунктов пропуска на российском участке внешней границы Таможенного союза, в которых осуществляется санитарно-карантинный контроль. Официальный сайт Роспотребнадзора. Доступно по: <https://www.rosпотребнадзор.ru/punktpropusk/propusk.php/> Ссылка активна на 02 сентября 2020.

в Российской Федерации организована работа 81 автомобильного пункта пропуска, в которых осуществляется санитарно-карантинный контроль.

Тактико-специальные и тренировочные учения с вводом условного больного в пунктах пропуска через государственную границу Российской Федерации проводились согласно Комплексным планам по санитарной охране территории соответствующих субъектов Российской Федерации, на основании приказа руководителя управления Роспотребнадзора по субъекту. Эффективность такой работы показана по результатам проведения международных массовых мероприятий, в том числе на примере Чемпионата мира по футболу 2018 года на территории 11 субъектов Российской Федерации, где функционировал 21 автомобильный пункт пропуска.

В ходе межведомственных тренировочных учений отрабатывались схемы передачи информации, алгоритм межведомственного взаимодействия, координация и согласованность действий при проведении первичных противоэпидемических мероприятий, функциональные обязанности участников, сбор имущества и передислокация бригады специалистов, методика надевания и снятия защитного костюма, отбор, упаковка и доставка проб материала в лабораторию, транспортировка больного в стационар, дезинфекционная обработка транспортного средства в пункте пропуска, контроль качества проведения дезинфекционной обработки (условно), учитывался хронометраж выполнения работ.

Наиболее общим вопросом в ходе проведения всех учений был момент надевания и снятия СИЗ. Нормативным документом Федеральной таможенной службы России (ФТС России)⁷, действующим на момент подготовки и проведения Чемпионата мира по футболу 2018 г., регламентировано наличие в таможенных органах и в учреждениях, находящихся в ведении ФТС России, аптек для оказания первой помощи работникам. В составе аптек имеются следующие СИЗ: маска медицинская нестерильная трехслойная из нетканого материала с резинками или с завязками, перчатки медицинские нестерильные, смотровые. Эти медицинские изделия могут быть использованы в качестве СИЗ при работе с больным, подозрительным на ООИ.

План и сценарий проведения учений утверждается руководителем управления Роспотребнадзора по субъекту Российской Федерации, согласуется с руководством пункта пропуска, руководством органа исполнительной власти в области здравоохранения субъекта Российской Федерации, руководством других задействованных ведомств и контрольных органов в пункте пропуска. Из органов и организаций, осуществляющих деятельность в международных автомобильных пунктах пропуска (МАПП), в учениях принимают участие должностные лица государственных контрольных органов (ГКО) — подразделений пограничного контроля (ППК) ФСБ России, Федеральной таможен-

ной службы (ФТС), а также администрации пунктов пропуска и хозяйствующих субъектов, задействованных в оперативных планах. По результатам учений дается оценка готовности субъекта к эффективному проведению противоэпидемических мероприятий, подготовленность сил и средств задействованных служб к работе по локализации и ликвидации очага опасной инфекционной болезни.

На основе анализа и обобщения опыта ряда учений, проведенных в международных пунктах пропуска, в данной работе представлено примерное типовое содержание легенды и сценария проведения тактико-специального учения в автомобильном пункте пропуска с учетом предложений и замечаний, сделанных специалистами РосНИПЧИ «Микроб», в том числе авторами статьи, в ходе оказания консультативно-методической помощи. План (сценарий) проведения тактико-специального учения в автомобильном пункте пропуска представлен в таблице.

При разработке легенды и сценария учений необходимо учесть, что больные часто выявляются сотрудниками пограничной службы, которые в силу своих функциональных обязанностей проводят тщательный визуальный осмотр лиц граждан, пересекающих границу, и могут обратить внимание на внешние проявления болезни — сигнальные симптомы [12]. В каждом конкретном случае будет своя специфика сценария (плана) в зависимости от условий работы пункта пропуска, например, от режима работы специалистов Роспотребнадзора (СКП) и учреждений здравоохранения (медпункт) — по постоянной или временной схеме. Санитарно-карантинный контроль на автомобильном пункте пропуска может быть организован по постоянной схеме (круглосуточный либо в определенные часы) при осуществлении регулярных международных перевозок автотранспортом, по временной схеме в виде выездных бригад (групп) специалистов при поступлении соответствующего уведомления о международных транспортных средствах, прибывающих или убывающих за рубеж, от пограничной службы, либо функционирование самого пункта пропуска носит сезонный характер, например, в период ледостава. В данной статье представлена обобщенная характеристика противоэпидемических мероприятий в случае выявления больного инфекционной болезнью, вызванной возбудителем I группы патогенности, без привязки к каким-то определенным условиям.

Заключение.

Санитарно-карантинный контроль в пунктах пропуска через государственную границу Российской Федерации направлен на предупреждение завоза опасных инфекционных болезней; он позволил в период пандемии COVID-19 отсрочить распространение на территории страны новой коронавирусной инфекции. На основе анализа межведомственных тренировочных учений в международных пунктах пропуска через государственную границу Российской

⁷ Приказ Федеральной таможенной службы России от 15.04.2008 № 403 «Об утверждении Правил по охране труда в таможенных органах и учреждениях, находящихся в ведении ФТС России» (в редакции приказа ФТС России от 14.09.2011 № 1879). Доступно по: <https://base.garant.ru/783973/> Ссылка активна на 02 сентября 2020

Таблица. Примерный порядок проведения тактико-специального учения в автомобильном пункте пропуска
Table. Approximate procedure for conducting special tactical exercises at a border patrol checkpoint

Действия служб / Actions of services	Служба (подразделение) / Service (unit)	Примечание / Notes
Организация работы руководящего состава и специалистов служб и ведомств, задействованных в учении, по прибытию автотранспортного средства с больным с подозрением на особо опасную инфекцию / Organization of activities of the managerial personnel and specialists of services and departments involved in the drill on arrival of a vehicle with a suspected case of a highly hazardous communicable disease		
Прием информации с автотранспортного средства, уточнение информации и передача согласно схеме оповещения с задействованием имеющихся коммуникационных каналов (рация, телефон) для передачи информации по службам / Reception of information from a vehicle, clarification of information and its transmission in accordance with the Notification Scheme using the available communication channels (radio, telephone) to transfer information to services	Дежурный специалист контрольно-пропускного пункта международного автомобильного пункта пропуска КПП МАПП (по рации) Старший смены КПП / Duty officer of the border patrol checkpoint (by radio) Senior shift officer	
Прием информации, уточнение информации. Предварительная оценка ситуации. Передача информации согласно схеме оповещения Информирование дежурного по подразделению пограничного контроля в пункте пропуска: — о необходимости постановки транспортного средства на санитарную площадку; — о запрещении (приостановлении) на транспортном средстве всех видов государственного контроля (пограничного, таможенного и др.); — о запрете выхода водителей, пассажиров и других лиц, выгрузку багажа, грузов; — о необходимости обеспечения охраны транспортного средства до окончания противоэпидемических мероприятий. Надевание средств индивидуальной защиты (СИЗ) / Reception of information, clarification of information. Preliminary assessment of the situation. Information transfer according to the Notification Scheme Informing the person on duty at the border control unit at the checkpoint: — about the need to place the vehicle on a sanitary site; — about prohibition (suspension) on a vehicle of all types of state control (border, customs, etc.); — about prohibition to leave the vehicle for drivers, passengers and other persons and to unload baggage and/or cargo; — about the necessity to safeguard the vehicle until the end of anti-epidemic measures Donning personal protective equipment (PPE)	Дежурный специалист санитарно-карантинного пункта (СКП) МАПП / Officer on duty of the sanitary and quarantine unit (SQU) of the checkpoint	Оценка ситуации проводится с сопоставлением полученных данных о симптомах заболевания и эпидемиологической ситуации в стране убытия пассажира, в том числе с учетом транзитных стран. Средства индивидуальной защиты (СИЗ) надеваются в помещении, без спешки, перед зеркалом, согласно инструкции по надеванию данного конкретного типа СИЗ / The situation is assessed by comparing the data obtained on the symptoms of the disease and the epidemiological situation in the country of departure of the passenger, including taking into account the transit countries. Personal protective equipment (PPE) shall be put on indoors, without haste, in front of a mirror, according to the instructions for putting on this particular type of PPE
Вызов бригады скорой медицинской помощи в пункт пропуска. Информирование согласно схеме оповещения (управления Роспотребнадзора по субъекту РФ, ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии» в субъекте РФ (ФБУЗ), территориального центра медицины катастроф и т.д.) об обнаружении больного с подозрением на инфекционную болезнь и о необходимости проведения противоэпидемических мероприятий / Calling an ambulance crew to the checkpoint Informing according to the Alert Scheme of the Office of Rospotrebnadzor for the constituent entity of the Russian Federation, the Center for Hygiene and Epidemiology in the constituent entity of the Russian Federation (FBUZ), the territorial center of emergency medicine, etc. about the suspected case of a highly hazardous communicable disease (HNCD) and the need for anti-epidemic measures	Территориальный отдел управления Роспотребнадзора по субъекту РФ Начальник территориального отдела / Territorial department of the Rospotrebnadzor Office for the constituent entity of the Russian Federation Head of the territorial department	Должностное лицо, ответственное за вызов бригады скорой медицинской помощи в пункт пропуска, определяется по согласованию, это может быть дежурный СКП, старший наряда КПП и т.д. / The official responsible for calling the ambulance crew to the checkpoint is determined by agreement and can be represented by the duty officer of the sanitary and quarantine unit (SQU), the chief of the checkpoint, etc.
Оцепление территории санитарной стоянки с находящимся на ней транспортным средством, ограждение ее специальной лентой. Запрет выхода пассажиров / Cordoning off the territory of a sanitary parking lot with a vehicle located on it, fencing it with a special tape Banning the exit of passengers	Дежурный наряд пограничников Администрация пункта пропуска / Border guards on duty Checkpoint administration	В СИЗ — противочумный костюм IV типа или перчатки и маска / Wearing PPE - type IV anti-plague suit or gloves and a mask
Мероприятия в отношении больного с подозрением на особо опасную инфекционную болезнь / Measures taken in relation to the suspected case of a highly hazardous communicable disease		
Опрос больного, сопровождающих его лиц, термометрия больного, выявление сигнальных симптомов опасной болезни. Опрос других лиц, приехавших этим рейсом, на предмет наличия других больных. Определение необходимого количества бригад скорой медицинской помощи. Передача по рации информации по схеме оповещения (старшему смены пограничной и таможенной службы). Решение вопроса о переводе других пассажиров в помещение для их временного размещения. Вызов второй бригады скорой помощи для осмотра контактных лиц с целью выявления больных.	Дежурный специалист СКП МАПП /	Дежурный специалист СКП прибывает к транспортному средству в СИЗ. При оценке ситуации учитываются симптомы болезни и эпидемиологическая ситуация. Для термометрии лучше использовать бесконтактный термометр, который легко подвергнуть дезинфекции /

Действия служб / Actions of services	Служба (подразделение) / Service (unit)	Примечание / Notes
Определение количества контактных лиц, подлежащих изоляции, и необходимых транспортных средств для транспортирования контактных лиц в изолятор / Interviewing the patient and accompanying persons, thermometry of the patient, identifying the signaling symptoms of a dangerous disease. Interviewing other passengers to reveal other potential patients. Determination of the required number of ambulance crews Transmission of information by radio according to the notification scheme (to the senior officer of the shift of the border and customs service) Making a decision on transferring other passengers to the premises for their temporary accommodation Calling the second ambulance crew to examine contact persons in order to identify patients Determination of the number of contact persons to be isolated and the necessary vehicles for transporting contact persons to the isolation ward	Specialist on duty of the sanitary and quarantine unit at the checkpoint	The SQU specialist on duty arrives at the vehicle wearing PPE. When assessing the situation, the symptoms of the disease and the epidemiological anamnesis are taken into account. For thermometry, it is better to use a non-contact thermometer, which is easy to disinfect.
Осмотр, опрос больного, сбор эпиданамнеза. Постановка предварительного диагноза, оформление экстренного извещения по форме 058/у. Оказание медицинской помощи больному / Examination, questioning of the patient, collection of epidemiological anamnesis. Making a preliminary diagnosis, issuing an emergency notification in the form of 058/u. Providing medical care to the patient	Медицинский работник бригады скорой помощи (медицинского пункта МАПП – при наличии) / Healthcare worker of the ambulance crew (healthcare unit of the border crossing point, if any)	Прибывает к транспортному средству в СИЗ. Медицинская помощь больному оказывается по жизненным показаниям. Заполненный бланк формы 058/у подлежит затем дезобработке, поэтому его помещают в полиэтиленовый пакет (файл) либо заполняют пишущим средством, стойким к обработке дезинфицирующим средством (карандашом) / Arrives at the vehicle in PPE. Medical assistance to the patient is provided for vital signs. The completed Form 058/u is subject to disinfection, so it is placed in a plastic bag (file), or filled in with a pencil that is resistant to disinfectant treatment
Информирование старшего смены (дежурного) КПП о введении в действие оперативного плана противоэпидемических мероприятий. Устное информирование администрации и владельца транспортного средства об организации противоэпидемических мероприятий. Передача информации согласно схеме оповещения / Informing the senior officer of the shift at the checkpoint about the implementation of the Operational Plan for Anti-Epidemic Measures. Verbal informing the administration and the owner of the vehicle about the organization of anti-epidemic measures. Information transfer according to the notification scheme	Дежурный специалист СКП МАПП / Specialist on duty of the sanitary and quarantine unit at the checkpoint	
Проведение пограничного контроля в отношении больного. Оформление документации / Conducting border control in relation to the patient Paperwork	Специалисты государственных контрольных органов МАПП / Specialists of state control bodies of the highway checkpoint	Все виды контроля проводятся в СИЗ (противочумный костюм IV типа или в перчатках и маске). Специалист находится по отношению к больному на расстоянии не менее 1–1,5 метров. Используются переносные портативные технические средства контроля / All types of control are carried out in PPE (anti-plague type IV suit or gloves and masks). The specialist shall keep a distance of at least 1–1.5 meters from the patient. Portable handheld technical means of control shall be used
Проведение таможенного контроля в отношении больного / Carrying out customs control in relation to the patient	Специалисты государственных контрольных органов МАПП / Specialists of state control bodies of the highway checkpoint	При наличии на вещах больного видимых следов крови, других биологических жидкостей контакт с ними до проведения дезинфекции не допускается / If there are visible traces of blood or other biological fluids on the patient's belongings, it is forbidden to touch them before disinfection.
Транспортировка больного в инфекционный стационар, определенный комплексным планом по санитарной охране территории / Transportation of the patient to an infectious diseases hospital defined by the Comprehensive Plan for Sanitary Protection of the Territory	Бригада скорой медицинской помощи / Ambulance crew	Принцип транспортировки: «один больной – одна машина». Вещи больного перевозятся с ним. В современных машинах скорой помощи кабина водителя изолирована, водитель может не использовать СИЗ, если он не помогает бригаде переносить больного в машину. При использовании мобильного транспортировочного бокса, оборудованного фильтром тонкой очистки воздуха, перед размещением его в машине проводится текущая дезинфекция его наружной поверхности / The transportation principle is “one patient – one car”. The patient's belongings are transported with him. In modern ambulances, the driver's cabin is isolated; the driver may not use PPE if he does not help the crew carry the patient into the car. When using a mobile transport box equipped with a fine air filter, before placing it in the machine, its outer surface is disinfected

Действия служб / Actions of services	Служба (подразделение) / Service (unit)	Примечание / Notes
Мероприятия в отношении контактных лиц / Measures taken in relation to contact persons		
Перевод контактных лиц, прибывших одним рейсом с больным (пассажиров, водителя, экскурсовода и т.д.), в помещение для их временного размещения. Проведение осмотра и опроса, дистанционной термометрии, личной экстренной профилактики контактным лицам. Определение степени риска их заражения, анкетирование / Transfer of contact persons (passengers, drivers, guides, etc.) to the premises for their temporary accommodation Examination and questioning, remote thermometry, personal emergency prevention to contact persons. Establishing the risk of their being infected, questioning	Дежурный специалист СКП МАПП Эпидбригада филиала ФБУЗ / Specialist on duty of the sanitary and quarantine unit at the checkpoint Epidemiological team of the branch of the Center for Hygiene and Epidemiology	Разобщение контактных лиц с больным осуществляется как можно раньше, после оценки специалистом СКП общей ситуации. Контактным лицам обеспечиваются санитарно-гигиенические условия (туалеты), питьевое водоснабжение. Эпидбригада ФБУЗ прибывает в СИЗ / Contact persons shall be separated from the patient as soon as possible after the SQU specialist having assessed the general situation. Contact persons are provided with sanitary and hygienic conditions (toilets) and drinking water. The epidemiological team of the FBUZ arrives wearing PPE.
Осмотр, опрос с целью выявления симптомов инфекционных болезней / Examination, questioning in order to identify symptoms of infectious diseases	Бригада скорой медицинской помощи / Ambulance crew	Опрос проводится в условиях соблюдения конфиденциальности данных / Results of examination and questioning shall be kept confidential.
Принятие решения о разрешении выгрузки багажа пассажиров для проведения его дезинфекции / Making a decision on allowing the unloading of passengers' baggage for disinfection	Дежурный специалист СКП МАПП / Specialist on duty of the sanitary and quarantine unit at the checkpoint	Дезинфекцию багажа пассажиров целесообразно осуществлять в то же время, когда проводится опрос и осмотр контактных лиц. В дальнейшем пассажиры будут эвакуированы в развернутый за это же время изолятор госпитальной базы с уже обработанным багажом / It is advisable to disinfect passengers' baggage at the time of questioning. The passengers will be then evacuated to the isolation ward of a hospital with the disinfected baggage
Проведение дезинфекции наружной поверхности багажа пассажиров / Disinfection of the outer surface of passengers' baggage	Специализированная организация дезинфекционного профиля / Cleaning and disinfection contractor	Проводится специалистами в СИЗ на санитарной площадке / Conducted by specialists wearing PPE at the sanitary site
Проведение пограничного и таможенного контроля Оформление документации / Border and customs control Paperwork	Сотрудники государственных контрольных органов в МАПП в СИЗ / Employees of state control bodies at the checkpoint wearing PPE	Все виды контроля проводятся в СИЗ – противочумный костюм IV типа или в перчатках и маске. После контроля в отношении больного перед проведением контроля в отношении контактных лиц специалисты государственных контрольных органов проводят смену перчаток и масок. Соблюдение требований биобезопасности при этом контролируют специалисты Роспотребнадзора. Таможенный контроль осуществляют после проведения дезинфекции наружной поверхности багажа / All types of control are carried out in PPE – type IV anti-plague suit or gloves and a mask. Having checked the patient, the officer shall change masks and gloves before attending to contact persons. Compliance with biosafety requirements is monitored by Rospotrebnadzor specialists. Customs control is carried out after disinfection of the outer surface of the baggage
Эвакуация контактных лиц, прибывших одним рейсом с больным, в изолятор, определенный комплексным планом по санитарной охране территории* / Evacuation of contact persons arriving in the same vehicle with the patient to the isolation ward defined by the Comprehensive Plan for Sanitary Protection of the Territory*	Силы и средства (автобусы) транспортной компании, определенной комплексным планом по санитарной охране территории. При небольшом числе лиц, например, пассажиры автомобиля, возможна их эвакуация машинами скорой медицинской помощи / Forces and means (buses) of the transport company defined by the Comprehensive Plan for the Sanitary Protection of the Territory A small number of people, for example, car passengers, can be evacuated by ambulance cars	Автобус, которым прибыл больной, не используется для транспортирования контактных лиц. Он остается на санитарной стоянке для проведения заключительной дезинфекции. Если контактные лица не нуждаются в госпитализации, списки пассажиров, водителей автотранспортного средства передаются в управления Роспотребнадзора по субъектам РФ для медицинского наблюдения по месту следования контактных лиц / The bus that arrived with the patient shall not be used to transport contacts. It remains in the sanitary parking lot for final disinfection. If the contacts do not need hospitalization, the lists of passengers and vehicle drivers are transferred to the Rospotrebnadzor Office for follow-up
Определение границ очага (автотранспорт, санитарная стоянка, изолятор и т.д.). Определение круга контактных лиц из числа сотрудников пункта пропуска (специалистов государственных контрольных органов), подлежащих изоляции или медицинскому наблюдению. Оповещение старших смены о необходимости замены специалистов	Эпидбригада филиала ФБУЗ /	Изоляции подлежат сотрудники, общавшиеся с больным без СИЗ (пограничник, выявивший больного). Сотрудники, прибывшие к транспортному средству в СИЗ, подлежат медицинскому наблюдению /

Действия служб / Actions of services	Служба (подразделение) / Service (unit)	Примечание / Notes
государственных контрольных органов, подлежащих изоляции, и о специалистах, за которыми устанавливается медицинское наблюдение. Отбор проб с объектов окружающей среды (остатки пищи, воды, потреблявшихся заболевшим, и другое) / Determination of the boundaries of the outbreak (vehicles, sanitary parking, isolation ward, etc.). Determination of the circle of contact persons from among the employees of the checkpoint (specialists of state control bodies), subject to isolation or medical supervision. Notifying shift seniors about the need to replace specialists from state control bodies who are subject to isolation, and about specialists who are under medical supervision. Sampling of objects of the external environment (food and water residues consumed by the sick, etc.)	/ Epidemiological team of the branch of the Center for Hygiene and Epidemiology	The employees who communicated with the patient without PPE (border guard who identified the patient) are subject to isolation. Employees arriving at the vehicle in PPE are subject to follow-up
Эвакуация контактных лиц из числа сотрудников пункта пропуска в изолятор, определенный комплексным планом по санитарной охране территории / Evacuation of contact persons from among the staff of the checkpoint to the isolation ward defined by the Comprehensive Plan for Sanitary Protection of the Territory	Машина скорой медицинской помощи / Ambulance car	Эвакуация контактных лиц из числа сотрудников пункта пропуска осуществляется отдельным транспортом от лиц, прибывших одним рейсом с больным, в связи с разной степенью и сроками контакта / Evacuation of contact persons from among the staff of the checkpoint is carried out separately due to the varying degree and time of contact
Снятие СИЗ / Removing PPE	Специалист СКП МАПП Сотрудники других служб МАПП / Specialist of the sanitary and quarantine unit at the checkpoint Employees of other services at the checkpoint	Проводится в помещении с соблюдением зонирования по типу санпропускника (по возможности). Проводится под контролем специалиста ФБУЗ, не заходившего ранее в очаг. Специалист ФБУЗ при этом одет в СИЗ и оказывает консультативную и практическую помощь, обеспечивая соблюдение правил биобезопасности, выявляет возможные аварийные ситуации. Лица, допустившие при снятии СИЗ риск заражения (аварийная ситуация), подлежат изоляции / It is carried out in a room with observance of zoning by the type of sanitary inspection (if possible). It is carried out under the supervision of a FBUZ specialist who has not previously entered the focus. At the same time, the FBUZ specialist wearing PPE gives advice and provides practical assistance, ensuring compliance with biosafety rules, and identifies possible emergencies. Persons who have created the risk of infection (emergency) when removing PPE are subject to isolation.
Оформление предписания о проведении противоэпидемических мероприятий, предписания о проведении лабораторного обследования лиц, контактировавших с больными инфекционными болезнями (в том числе специалистов государственных контрольных органов МАПП), и медицинского наблюдения за ними. Составление акта санитарно-карантинного досмотра транспортного средства. Информирование согласно схеме оповещения о выполненных мероприятиях / Issuing an order to take anti-epidemic measures, to laboratory testing of persons who have been in contact with patients with infectious diseases (including the staff of the border patrol checkpoint) and their medical supervision. Drawing up a report on sanitary and quarantine inspection of a vehicle. Informing according to the notification scheme about the completed activities	Специалист СКП МАПП / Specialist of the sanitary and quarantine unit at the checkpoint	Документы оформляются специалистом СКП после выхода из очага и снятия СИЗ / Documents are drawn up by a SQU specialist after leaving the focus and taking off PPE
Организация работы по дезинфекции автотранспортного средства, грузов, помещений / Organization of disinfection of the vehicle, cargo, premises		
Досмотр автотранспорта на наличие носителей и переносчиков инфекционных болезней (грызунов, насекомых) или следов их пребывания. При выявлении падежа грызунов – их сбор. Оформление предписания в адрес владельца транспортного средства о проведении дезинфекции автотранспортного средства, грузов на санитарной стоянке МАПП, при необходимости – о назначении дератизации, дезинсекции. Оформление предписания начальнику МАПП о дезинфекции помещений МАПП (изолятора, где находился больной, помещений для контактных лиц, для снятия СИЗ, туалета), территории санитарной стоянки /	Дежурный специалист СКП МАПП Эпидбригада филиала ФБУЗ /	Досмотр автотранспорта на наличие носителей и переносчиков проводится в СИЗ /

Действия служб / Actions of services	Служба (подразделение) / Service (unit)	Примечание / Notes
Inspection of vehicles for the presence of carriers and vectors of infectious diseases (rodents, insects) or traces of their presence, collection of dead rodents, if any. Issuing an order to the owner of the vehicle on disinfection of the vehicle and cargo at the sanitary parking lot of the checkpoint and, if necessary, on deratization and/or disinfection. Issuing an order to the head of the checkpoint on disinfection of the checkpoint (the isolation ward after the patient, rooms for contact persons and for PPE removal, toilet) and the territory of the sanitary parking lot	Specialist on duty of the sanitary and quarantine unit at the checkpoint Epidemiological team of the branch of the Center for Hygiene and Epidemiology	Inspection of vehicles for carriers and vectors is carried out in PPE
Проведение дезинфекции, при необходимости – дезинсекции, дератизации автотранспортного средства, грузов, помещений / Disinfection and, if necessary, disinfection and deratization of the vehicle, cargo, and premises	Специализированная организация дезинфекционного профиля / Cleaning and disinfection contractor	Проводится в СИЗ на санитарной площадке / Conducted in PPE on a sanitary site
Снятие охраны территории санитарной стоянки / Stop of safeguarding of the sanitary parking area	Дежурный наряд пограничников / Border guards on duty	
Контроль качества проведения заключительной дезинфекции с оформлением протоколов исследований. Выдача разрешения на эксплуатацию автотранспортного средства / Quality control of final disinfection and issuing test reports. Issuing a permit to operate the motor vehicle	Эпидбригада филиала ФБУЗ Начальник территориального отдела управления Роспотребнадзора по субъекту РФ / Epidemiological team of the branch of the Center for Hygiene and Epidemiology Head of the territorial department of the Office of Rospotrebnadzor for the constituent entity of the Russian Federation	Проводится в СИЗ – противочумный костюм IV типа или в перчатках и маске / Carried out in PPE - anti-plague type IV suit or gloves and a mask

* При отказе иностранного гражданина от изоляции (госпитализации) он временно, до решения вопроса о его возвращении в страну выезда, размещается в помещении на территории пункта пропуска (медицинский изолятор), специалист СКП в присутствии представителей пограничной службы оформляет письменный отказ от изоляции (госпитализации) при информировании (если возможно, в присутствии) представителя посольства или консульства.

* If a foreign citizen refuses isolation (hospitalization), he is temporarily, until the issue of his return to the country of departure is resolved, placed in a room on the territory of the checkpoint (medical isolation ward), the SQU specialist, in the presence of representatives of the border service, draws up a written refusal of isolation (hospitalization) upon informing (if possible, in the presence) of a representative of the embassy or consulate.

Федерации, в том числе в период подготовки к Чемпионату мира по футболу 2018 г. предложена единая методика проведения тренировочных учений межведомственного характера в автодорожных пунктах пропуска. В данной методике синхронизированы содержание противоэпидемических мероприятий, требований по обеспечению биологической безопасности, современные условия и возможности в пунктах пропуска.

Опыт проведенных учений показал необходимость отработки навыков использования средств индивидуальной защиты сотрудниками задействованных в учениях служб (пограничной, таможенной и других), а также целесообразность создания единой базы данных по актуальным инфекционным болезням в странах мира, оперативно пополняемой для формирования настороженности специалистов при выявлении лиц, подозрительных на инфекционное заболевание.

Авторы выражают благодарность специалистам Управления Роспотребнадзора по Астраханской области и Управления Роспотребнадзора по Ленинградской области, чьи материалы, в том числе план учения в автомобильном пункте пропуска, положены в основу представленной в статье методики.

Информация о вкладе авторов: А.Е. Шиянова – получение данных для анализа, анализ полученных данных, написание текста рукописи; Е.А. Чумачкова: написание текста рукописи; разработка дизайна

исследования; Л.Н. Дмитриева – обзор публикаций по теме статьи

Финансирование: работа не имела спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Попова А.Ю., Смоленский В.Ю., Брагина И.В. и др. Чемпионат мира по футболу 2018 года в России: обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия. Саратов: Амирит, 2019. 536 с.
2. Онищенко Г.Г., Попова А.Ю., Кузькин Б.П. и др. XXII Олимпийские зимние игры и XI Паралимпийские зимние игры 2014 года в г. Сочи. Обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия. Тверь: ООО «Издательство «Триада», 2015. 576 с.
3. Попова А.Ю., Ежлова Е.Б., Демина Ю.В. и др. «Опережающая» модель реагирования на распространение новой коронавирусной инфекции в Российской Федерации // Материалы Международной научно-практической конференции по вопросам противодействия новой коронавирусной инфекции и другим инфекционным заболеваниям. Саратов: Амирит, 2020. С. 7–10.
4. Онищенко Г.Г., Смоленский В.Ю., Ежлова Е.Б. и др. Санитарная охрана территории Российской Федерации в современных условиях. М: ООО «Буква», 2014. 460 с.
5. Осуществление Международных медико-санитарных правил (2005 г.). Доклад Генерального директора на 138 сессии Исполкома ВОЗ. EB138/19. Доступно по: <https://docplayer.ru/57734091-Osushchestvlenie-mezhdunarodnyh-mediko-sanitarnyh-pravil-2005-g.html> Ссылка активна на 20 января 2021.

6. Развитие, мониторинг и оценка функциональных основных возможностей по осуществлению Международных медико-санитарных правил (2005 г.). Концептуальная записка. Доступна по: https://www.who.int/ihr/publications/concept_note_201407ru.pdf?ua=1 Ссылка активна на 20 января 2021.
 7. Подготовка и проведение учений по санитарной охране территории от завоза и распространения карантинных заболеваний. Методическое пособие для медицинских работников / ВНИПЧИ «Микроб». Саратов, 1971. 103 с.
 8. Организация и проведение тренировочного учения по санитарной охране территории в учреждениях здравоохранения и госсанэпиднадзора. Пособие для организаторов здравоохранения, ЦГСЭН, врачей. Саратов, 1999. 18 с.
 9. Пакскина Н.Д., Шиянова А.Е., Дмитриева Л.Н. и др. Мероприятия в отношении лиц, контактировавших с больным лихорадкой Эбола // Проблемы особо опасных инфекций. 2015. № 3. С. 33–38.
 10. Попова А.Ю., Шиянова А.Е., Ежлова Е.Б., и др. Комплекс мероприятий в рамках санитарной охраны территории Российской Федерации по недопущению завоза и распространения болезни, вызванной вирусом Эбола // Проблемы особо опасных инфекций. 2015. № 3. С. 49–54.
 11. Попова А.Ю., Смоленский В.Ю., Ежлова Е.Б. Эпидемиология, профилактика и лабораторная диагностика болезни, вызванной вирусом Эбола. Практическое руководство / Под ред. докт. мед. наук, профессора А.Ю. Поповой, академика РАН, докт. мед. наук, профессора В.В. Кутырева. Саратов: ООО «Буква», 2015. 244 с.
 12. Рыжков Ю.В., Москвитина Э.А. Особенности проведения санитарно-карантинного контроля в условиях чрезвычайной ситуации социального характера на определенной территории // Проблемы особо опасных инфекций. 2017. № 4. С. 86–91.
- References**
1. Popova AYU, Smolensky VYu, Bragina IV, *et al.* [2018 FIFA World Cup in Russia: ensuring sanitary and epidemiological wellbeing.] Saratov: Amirit Publ., 2019. 536 p. (In Russian).
 2. Onishchenko GG, Popova AYU, Kuzkin BP, *et al.* [XXII Olympic Winter Games and XI Paralympic Winter Games 2014 in Sochi. Ensuring sanitary and epidemiological wellbeing.] Tver': Triada Publ., 2015. 576 p. (In Russian).
 3. Popova AYU, Ezhlova EB, Demina YuV, *et al.* An advanced model of response to the spread of the novel coronavirus disease in the Russian Federation. In: *Proceedings of the International Scientific and Practical Conference on Counteracting the Novel Coronavirus and Other Infectious Diseases.* Saratov: Amirit Publ., 2020. Pp. 7–10. (In Russian).
 4. Onishchenko GG, Smolensky VYu, Ezhlova EB, *et al.* [Sanitary protection of the territory of the Russian Federation in modern conditions.] Moscow: Bukva Publ., 2014. 460 p. (In Russian).
 5. Implementation of the International Health Regulations (2005). Report by the Director-General to the 138th session of the WHO Executive Board. EB138/19, 8 January 2016. Available at: https://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/EB138/B138_19-en.pdf. Accessed: 20 Jan 2021.
 6. Development, monitoring and evaluation of functional core capabilities to implement the International Health Regulations (2005). Concept note. Available at: https://www.who.int/ihr/publications/concept_note_201407.pdf?ua=1. Accessed: 20 Jan 2021.
 7. [Preparation and conduct of exercises on sanitary protection of the territory from importation and transmission of contagious diseases: Guidelines for healthcare workers.] Saratov: VNIPCHI Microbe, 1971. 103 p. (In Russian).
 8. [Organization and conduct of training exercises on sanitary protection of the territory in health care and state sanitary and epidemiological supervision facilities: A guide for managers, public health and healthcare workers.] Saratov, 1999. 18 p. (In Russian).
 9. Paksina ND, Shiyanova AE, Dmitrieva LN, *et al.* Activities undertaken toward individuals who have been in contact with Ebola fever patient. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsiy.* 2015; (3):33–38. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.21055/0370-1069-2015-3-33-38>
 10. Popova AYU, Shiyanova AE, Ezhlova EB, *et al.* Complex of measures aimed at prevention of Ebola virus disease importation and transmission, performed within the frames of sanitary protection of the territories of the Russian Federation. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsiy.* 2015; (3):49–54. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.21055/0370-1069-2015-3-49-54>
 11. Popova AYU, Smolensky VYu, Ezhlova EB. [Epidemiology, prevention and laboratory diagnostics of Ebola virus disease: A practical guide.] Popova AYU, Kutyrev VV, editors. Saratov: Bukva Publ., 2015. 244 p. (In Russian).
 12. Ryzhkov YuV, Moskvitina EA. Peculiarities of sanitary and quarantine control under the emergency situation of social nature on the adjacent territory. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsiy.* 2017; (4):86–91. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.21055/0370-1069-2017-4-86-91>



© Семакова А.П., Германчук В.Г., Шавина Н.Ю., 2021

УДК 57.084.1:613

Современный подход к оценке качества лабораторных животных, используемых в экспериментальных целях

А.П. Семакова, В.Г. Германчук, Н.Ю. Шавина

ФКУЗ «Российский научно-исследовательский противочумный институт «Микроб» Роспотребнадзора, ул. Университетская, д. 46, г. Саратов, 410005, Российская Федерация

Резюме: *Введение.* Основной задачей проведения медико-биологических исследований является получение достоверных результатов эксперимента. Исследования, где в качестве биологических тест-систем задействованы лабораторные животные, проводятся в исследовательских организациях. В связи с введением в мировую практику правил GLP стали предъявлять более высокие требования к качеству тест-систем. *Цель* настоящего исследования – анализ нормативно-методической и законодательной базы, регулирующей проведение лабораторных исследований с применением биомodelей, для актуализации ряда регламентирующих документов, обязательных к выполнению. *Методы.* В результате исследования были отобраны и проанализированы научные работы по поисковым электронным базам данных (Web of Science, PubMed, eLIBRARY) согласно ключевым словам. После проведенного анализа отобранной литературы в настоящее исследование в соответствии с темой работы было включено 22 источника. *Результаты.* Установлено, что в профилирующих учреждениях на основе имеющихся стандартов разрабатываются внутренние инструкции, регулирующие выполнение поставленных целей и задач в рамках организации. Наличие программы стандартных операционных процедур позволяет с надлежащим качеством выполнять эксперименты. На качество лабораторных животных могут влиять неблагоприятные условия содержания, отсутствие сбалансированного кормления, нарушение санитарно-гигиенических норм ухода. Для разных категорий лабораторных животных в соответствии с микробиологическим статусом предъявляются разные требования к содержанию. В учреждениях внедряют специально разработанную программу мониторинга здоровья лабораторных животных. Здоровые на вид лабораторные животные являются носителями целого ряда инфекционных агентов, которые в условиях проведения эксперимента могут исказить его результат. Ветеринарные врачи, специализирующиеся на лабораторных животных, должны обладать знаниями о биомоделировании, влиянии лекарственных препаратов на физиологические и патологические процессы в организме животного, при болезненных манипуляциях провести адекватную анестезию. К манипуляциям с биомodelями допускаются сотрудники, обладающие высокой квалификацией и навыками работы с животными. *Выводы.* Таким образом, полученные результаты показывают, что использование качественных лабораторных животных, а также стандартизация всех этапов позволяют уверенно проводить исследования с соблюдением надлежащего уровня качества в соответствии с мировыми стандартами.

Ключевые слова: лабораторные животные, биомodelь, надлежащая лабораторная практика, стандарт качества, научные исследования, стандартные операционные процедуры, виварий, питомник.

Для цитирования: Семакова А.П., Германчук В.Г., Шавина Н.Ю. Современный подход к оценке качества лабораторных животных, используемых в экспериментальных целях // Здоровье населения и среда обитания. 2021. № 2 (335). С. 84–90. DOI: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-332-2-84-90>

Информация об авторах:

✉ Семакова Анна Петровна – к.б.н., ст.н.с. отдела экспериментальных животных с виварием; e-mail: rusrapi@microbe.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9614-1278>.

Германчук Валерий Геннадьевич – д.м.н., доцент, заведующий отделом экспериментальных животных с виварием; e-mail: rusrapi@microbe.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8986-3640>.

Шавина Наталья Юрьевна – н.с. отдела экспериментальных животных с виварием; e-mail: rusrapi@microbe.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4206-7559>.

Modern Approach to Assessing Quality of Laboratory Animals Used for Experimental Purposes

A.P. Semakova, V.G. Germanchuk, N.Yu. Shavina

Russian Research Anti-Plague Institute "Microbe", 46 Universitetskaya Street, Saratov, 410005, Russian Federation

Summary. *Introduction:* The main task of conducting a biomedical research is to obtain statistically significant experimental results. The studies with laboratory animals used as test systems are conducted in research organizations. Owing to the introduction of good laboratory practice (GLP) principles into the world practice, stricter requirements have been imposed on the quality of test systems. The *purpose* of our study was to analyze the regulatory, methodological, and legislative framework governing laboratory research using biomodels in order to update a number of regulatory documents that are mandatory for implementation. *Methods:* We searched electronic databases of references and abstracts (Web of Science, PubMed, eLibrary) for appropriate keywords and, having reviewed search results, selected 22 literary sources on the topic. *Results:* We established that, based on existing regulations, specialized institutions develop internal instructions to fulfil their goals and objectives. The presence of a program of standard operating procedures allows experiments to be performed with appropriate quality. The quality of laboratory animals can be affected by unfavorable conditions of keeping, lack of balanced feeding, and violation of sanitary and hygienic standards of care. For different categories of laboratory animals, different requirements are imposed on their housing in accordance with the microbiological status. Institutions are implementing a specially developed program for health monitoring in laboratory animals. Healthy-looking animals are carriers of a number of infectious agents that can distort results of an experiment. Veterinarians specializing in laboratory animals should have knowledge of biomodeling and effects of drugs on physiological and pathological processes in animals and should perform adequate anesthesia during painful manipulations. Only employees with high qualifications and skills in working with animals are authorized to handle biomodels. *Conclusions:* Our findings demonstrate that the use of high-quality laboratory animals and standardization of all stages of an experiment ensures a quality research compliant with international standards.

Keywords: laboratory animal, biomodel, good laboratory practice, quality standard, scientific research, standard operating procedures, vivarium, nursery.

For citation: Semakova AP, Germanchuk VG, Shavina NYu. Modern approach to assessing quality of laboratory animals used for experimental purposes. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021; (2(335)):84-90. (In Russian) DOI: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-335-2-84-90>

Author information:

✉ Anna P. Semakova, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Department of Experimental Animals with Vivarium; e-mail: rusrapi@microbe.ru, Semakova.ap@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-9614-1278>.

Valeriy G. Germanchuk, D.M.Sc., Associate Professor, Head of the Department of Experimental Animals with Vivarium; e-mail: rusrapi@microbe.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8986-3640>.

Natalya Yu. Shavina, Researcher, Department of Experimental Animals with Vivarium; e-mail: rusrapi@microbe.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4206-7559>.

Введение. В настоящее время применение экспериментальных животных остается одним из ведущих приемов исследования в области медико-биологических наук. Рациональное использование в научных целях лабораторных животных, сокращение их количества, сострадательное отношение являются неотъемлемыми составляющими новых стандартов и требований при проведении медико-биологических исследований в современных условиях [1]. Совершенствование и развитие биомедицинских технологий, постоянно растущие требования к иммунобиологическим препаратам заставляют искать новые подходы к оценке качества и разнообразию лабораторных животных¹.

На нынешнем этапе используют различные методы моделирования эксперимента, но альтернативных способов замены лабораторных животных, соответствующих требованиям экспериментальной работы, так и не найдено, поэтому потребность в биологических тест-системах по-прежнему остается высокой¹.

Одним из важнейших направлений современной медицины является создание лечебных сывороток и вакцин, защищающих людей от особо опасных инфекционных болезней. К этой категории относят чуму, сибирскую язву, бруцеллез, туляремию, холеру, бешенство и др. Большинство из них являются природно-очаговыми, требующими постоянного контроля со стороны надзорных органов. Вакцинация населения, проживающего на эндемичных территориях, является вынужденной и эффективной мерой профилактики против этих опасных болезней.

Созданием иммунобиологических препаратов (вакцин, сывороток, иммуноглобулинов, анатоксинов и др.) занимаются научно-исследовательские учреждения. В качестве биологических тест-систем используются такие лабораторные животные, как мыши, морские свинки, кролики, белые крысы, хомяки и др.

Цель настоящего исследования — проведение анализа законодательной и нормативно-методической базы, регулирующей выполнение лабораторных исследований с применением биомоделей, для актуализации ряда регламентирующих документов, обязательных к выполнению, и реализации современного подхода к оценке качества лабораторных животных, используемых в экспериментальных целях.

Материалы и методы. В результате проведенных исследований очевидно, что введение в мировую систему правил «Надлежащей лабораторной практики» (Good Laboratory Practices — GLP), разработанных Организацией экономического сотрудничества и развития

(Organization for Economic Cooperation and Development — OECD), ужесточило требования к проведению исследований на экспериментальных животных. В настоящий момент правила GLP являются важнейшей интегральной системой для сопоставления результатов оценки качества получаемых данных в разных отечественных и зарубежных учреждениях [2].

Особое внимание уделяется качеству используемых в роли биологических тест-систем лабораторных животных, поэтому перед учреждениями, использующими их для исследовательских целей, стоит важнейшая задача — использование качественных лабораторных животных.

Нормативно-правовое регулирование является обязательной частью проведения доклинических исследований и выращивания лабораторных животных для научных исследований. Деятельность таких объектов, как питомник и виварий, регулируется действующим законодательством, в котором помимо общих санитарных и экологических норм должны регулироваться и правовые аспекты при работе с лабораторными животными [3]. Функционирование указанных выше организаций регламентируется законодательными документами Российской Федерации^{2,3,4} [1]. Нормы права, регламентирующие условия содержания лабораторных животных в виварии, содержатся в различных нормативных правовых актах, которые имеют как прямое отношение к испытательному лабораторному центру, так и являются комплексными и содержат нормы, касающиеся различных сфер деятельности организации [3].

В соответствии с Федеральным законом № 52-ФЗ⁵ постановлением Правительства Российской Федерации № 554⁶ в 2014 г. на территории Российской Федерации были утверждены «Санитарно-эпидемиологические требования к устройству, оборудованию и содержанию экспериментально-биологических клиник (вивариев)»⁷ [3].

Постоянно возрастающие требования к проведению испытаний и научных исследований, недостаточность российской нормативно-правовой базы в отношении лабораторных животных создают необходимость использования исследователями действующих международных принципов и стандартов [4]. Международное в Российской Федерации в 2011 году Некоммерческое партнерство «Объединение специалистов по работе с лабораторными животными» (Rus-LASA) позволило поднять лабораторное животноводство на более высокий уровень. Специалисты организации на основе

¹ Руководство по лабораторным животным и альтернативным моделям в биомедицинских исследованиях / Под ред. Каркищенко Н.Н., Грачева С.В. М.: Профиль 2С, 2010. 358 с.

² Об обращении лекарственных средств: Федеральный закон от 14 апреля 2010 № 61 (с изменениями на 22 декабря 2020 года) (редакция, действующая с 1 января 2021 года).

³ О ветеринарии: Закон РФ от 14 мая 1993 № 4979-1 (с изменениями и дополнениями).

⁴ Принципы надлежащей лабораторной практики: ГОСТ 33044-2014. М. Стандартиформ, 2019. 16 с.

⁵ О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения: Федеральный закон от 30 марта 1999 № 52-ФЗ (с изменениями на 13 июля 2020 года).

⁶ Об утверждении Положения о государственной санитарно-эпидемиологической службе Российской Федерации и Положения о государственном санитарно-эпидемиологическом нормировании: постановление Правительства Российской Федерации от 24 июля 2000 № 554.

⁷ Об утверждении СП 2.2.1.3218-14 «Санитарно-эпидемиологические требования к устройству, оборудованию и содержанию экспериментально-биологических клиник (вивариев)»: постановление Главного государственного врача Российской Федерации от 29 августа 2014 года № 51.

зарубежных нормативных документов разрабатывают российские стандарты, которые позволяют выпускать продукцию, соответствующую мировым стандартам. Rus-LASA осуществляет переводы зарубежных руководств по содержанию, использованию лабораторных животных, а также соблюдению норм этики и морали.

В дальнейшем на основе этой документации, носящей рекомендательный характер, создаются и утверждаются внутренние документы, обязательные к исполнению. К таким документам относят «Стандартные операционные процедуры» (СОПы), регламентирующие выполнение рабочего процесса на месте.

Требования к условиям содержания определенных видов биомоделей более детально отражены в ГОСТ 33215–2014⁸, ГОСТ 33216–2014⁹. В данных стандартах учтены основные положения международного документа «Appendix A of the European Convention for the protection of Vertebrate animals used for experimental and other scientific purposes (ETS № 123). Guidelines for accommodation and care of animals (Article 5 of the Convention)» (Приложение А к Европейской конвенции о защите позвоночных животных, используемых в экспериментах и в других научных целях (ETS № 123). Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными (Статья № 5 Конвенции)).

В соответствии с принципами надлежащей лабораторной практики (GLP) все виды исследовательской работы с использованием лабораторных животных в качестве биологических тест-систем должны быть направлены на обеспечение проведения качественного эксперимента и получения достоверных и воспроизводимых экспериментальных данных [1, 2]. Все это требует внедрения научного подхода, составляющего методическую и материальную основу эксперимента [5, 6].

Как показывает накопленный опыт работы, лабораторное животное является самым слабым звеном в цепи медико-биологических исследований, о чем свидетельствует множество факторов, влияющих на здоровье и качество биомодели в целом. Среди этих факторов основное место занимают параметры микроклимата (температура, влажность, освещенность и т. д.), зараженность животных патогенной или непатогенной флорой, а также вещества, поступающие в организм с кормом, водой или из подстилочного материала. Отсутствие адекватного обезболивания при проведении исследований оказывает стрессовое воздействие на лабораторных животных¹ [1]. Стандартизированный подход к качеству биомоделей включает в себя ряд ключевых аспектов, необходимых для проведения контролируемых исследований. Прежде всего, это обеспечение условий для нормального развития экспериментальных животных и поддержания состояния их здоровья, в том числе с помощью соблюдения стандартного содержания в соответствии с имеющимися нормами при

воспроизводстве в питомниках и во время проведения экспериментов в лабораторных условиях. Стандартизация по микробиологическому и генетическому статусу позволяет свести к минимуму используемое количество биомоделей в эксперименте, что соответствует принципам гуманного отношения к ним. Международное сообщество по лабораторным животным определило их классификацию в соответствии с микробиологическим статусом. Эта классификация основана на методе получения исходных животных для разведения, наличии и надежности барьера и глубине или уровню контроля статуса животного по соответствующему стандарту.

Однако стандарты разных стран отличаются друг от друга. Предлагается различать 5 категорий животных: конвенциональные (категория 1), улучшенные конвенциональные (категория 2), свободные от патогенной флоры (СПФ) (категория 3), гнотобиоты и безмикробные или аксенные (категории 4, 5a и 5b)¹.

Основным преимуществом использования инбредных животных является то, что все животные внутри этой линии гомозиготны и однородны по генотипу. Это позволяет в эксперименте получать воспроизводимые результаты, а также повысить эффективность исследований¹.

Качеством лабораторных животных во многом определяется результат эксперимента. Для анализа контроля качества применяют специально разработанные программы. Согласно международным принципам «Надлежащей лабораторной практики» (GLP) исследовательская организация должна иметь программу СОП, отражающую весь спектр проводимых работ, в том числе деятельность, связанную с лабораторными животными¹⁰. Программа СОП, касающаяся работ с использованием лабораторных животных, может включать в себя несколько разделов. Первый раздел содержит процедуру получения животных из мест их разведения, транспортировки и карантинирования. В перечень рутинных СОП, касающихся ухода и содержания лабораторных животных, включают размещение в клетках, учетные нормы посадки, кормление животных, эвтаназию, санитарную обработку клеток и аксессуаров для содержания животных, уборку помещений. Организацию контроля за здоровьем животных выделяют в отдельную СОП или разрабатывают программу мониторинга здоровья. Стандартизации в СОП подлежат и манипуляции с животными, касающиеся непосредственно целей исследований.

Неотъемлемой частью благополучного ведения экспериментальных исследований является профессиональная подготовка сотрудников: знание и практическое владение навыками работы с животными, повышение требований к ведению текущей документации, включающей содержание животных, их тщательный учет в эксперименте.

⁸ Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными. Правила оборудования помещений и организации процедур: ГОСТ 33215–2014. М.: Стандартинформ, 19 с.

⁹ Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными. Правила содержания и ухода за лабораторными грызунами и кроликами: ГОСТ 33216–2014. М.: Стандартинформ, 16 с.

¹⁰ Директива 2010/63/EU Европейского Парламента и Совета Европейского Союза по охране животных, используемых в научных целях / Пер. с англ. Rus-LASA Красильщиковой М.С., Белозерцевой И.В., 2010.

Уровнем подготовки работников питомников и вивариев в значительной степени определяется качество будущих биомоделей. Сотрудники допускаются к работе с экспериментальными животными только после прохождения программы обучения, включающей отработку практических приемов и навыков различной сложности, освоения СОП [7, 8].

В связи с введением в мировую практику правил GLP и переходом на новый уровень исследований к качеству тест-систем стали предъявлять более высокие требования. Использование животных различных инбредных линий, а также животных с контролируемой микробной флорой повлекло за собой необходимость привлечения в организации специалистов по лабораторным животным. Ветеринарные врачи, работающие с лабораторными животными, должны знать биологию различных видов животных, их заболевания, влияние лекарственных препаратов на физиологические и патологические процессы в организме животных, иметь представление о биомоделировании.

Ветеринарный врач должен контролировать здоровье животных, уход за ними и содержание в соответствии с санитарно-гигиеническими нормами. При выполнении болезненных манипуляций проведение обезболивания является обязательной процедурой. В связи с отсутствием специализации по работе с лабораторными животными ветеринарные врачи вынуждены заниматься самообразованием, опираясь в большей степени на зарубежные руководства, посещать обучающие семинары [7, 9].

Во всех современных руководящих документах, освещающих исследования с использованием животных, отражаются вопросы биоэтики. Общепринятым мировым стандартом служит концепция 3R [reduction, refinement and replacement] — сокращение, усовершенствование и замена лабораторных животных альтернативными моделями, — опубликованная еще в 1959 г. У. Расселом и Р. Берчем. Вопросами гуманного отношения к экспериментальным животным в пределах организации занимаются созданные на учрежденческом или региональном уровне комитеты или комиссии по биоэтике. Перед проведением все запланированные эксперименты рассматриваются и утверждаются на заседании комиссии по биоэтике. Возникшие вопросы о целесообразности проведения экспериментов или вопросы, касающиеся гуманного подхода, обсуждаются коллегиально, а спорные — обосновываются ответственным исполнителем. В отдельных случаях для принятия решения привлекается независимый эксперт. Заседания оформляются протоколом. Включение в состав специалистов разных научных направлений позволяет охватить весь спектр исследовательских направлений организации. Кроме проведения экспериментов комиссия контролирует условия содержания животных, качество используемых кормов, воды и т. д.¹ [10].

Работа с биомоделями в лаборатории начинается с планирования исследований, заказа и доставки животных. Питомник, поставящий лабораторных животных, должен иметь ветеринарное удостоверение, подтверждающее его соответствие ветеринарно-санитарным условиям для содержания и разведения лабораторных животных¹¹. В ветеринарном свидетельстве на партию поставляемых из питомника животных содержатся данные о проведенных лабораторных исследованиях животных в питомнике (бактериологических, паразитологических), а также о благополучии местности по заразным болезням животных. Организация, заказывающая животных, предварительно согласовывает условия их доставки и транспортировки. После доставки, согласно ветеринарным требованиям, животных помещают в карантин для адаптации и ведут ежедневное клиническое наблюдение.

Физическое и психологическое благополучие биомоделей, содержащихся в виварии, зависит от параметров обитаемости, рациона питания, качества воды, ухода, а также действий персонала, направленных на сохранение здоровья, которые обеспечивают должное состояние животных и гарантируют выполнение научных исследований [11].

В нормативных документах, определяющих правила содержания лабораторных животных, четко определены параметры микроклимата, нормы размещения, рационы кормления животных^{12,13} [11].

Ветеринарный врач или научный сотрудник, ответственный за благополучие животных, контролирует выполнение рутинных процедур, согласно разработанным СОП. Уборка в помещениях, санитарно-гигиенические мероприятия, мойка клеток и замена подстилочного материала проводятся по графику. Выполнение всех манипуляций ежедневно фиксируется в журналах.

Основным условием содержания биомоделей является сохранение их микробиологического статуса. Если конвенциональные животные могут обитать в открытой барьерной системе, то для улучшенных конвенциональных животных требуется содержание в барьерной системе неполного типа. Животные СПФ-категории должны содержаться в строгой барьерной системе, в индивидуальных вентилируемых системах, где микробиологическая изоляция обеспечена на уровне каждой клетки [12]. Содержание гнотобиотов возможно только в специальных изоляторах.

Одним из важнейших факторов, определяющим качество биомоделей, является их полноценное питание. Для этих целей предусмотрен полнорационный гранулированный корм, сбалансированный по питательным и минеральным веществам, витаминам, микроэлементам и энергетической ценности, обеспечивающий физиологические потребности экспериментальных животных. Разработанные

¹¹ О ветеринарии: Закон РФ от 14 мая 1993 № 4979-1 (с изменениями и дополнениями).

¹² Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными (Статья № 5) Приложение А к Европейской конвенции об охране позвоночных животных, используемых для экспериментов и других научных целях (ETS № 123) / Пер. с англ. Rus-LASA Красильщиковой М.С., Белозерцевой И.В. Санкт-Петербург, 2014. 102 с.

¹³ Руководство по содержанию и использованию лабораторных животных. Восьмое издание / Пер. с англ. под ред. И.В. Белозерцевой, Д.В. Блинова, М.С. Красильщиковой. М.: ИРБИС, 2017. 336 с.

на сегодняшний день стандарты^{14,15} соответствуют необходимым требованиям. Для каждого вида лабораторных животных предложены специальные рецептуры [13]. Мышей, крыс, хомяков допустимо кормить одним кормом (ПК-120-2-969). Для кроликов и морских свинок также разработан один рацион (К-122). Присутствие в кормах гормонов, антибиотиков и других ингредиентов, которые могут повлиять на результаты эксперимента, недопустимо. При воспроизводстве и применении биомоделей в эксперименте необходимо использовать одинаковый корм. При работе с животными категории СПФ гранулированные корма используют только после проведения обязательной обработки в автоклаве с последующей просушкой. Используют и другие методы стерилизации кормов, например гамма-лучами. На каждую партию корма производитель представляет сертификат с обязательным указанием данных об изготовителе, нормативном документе, составе кормов, сроках годности. Для хранения кормов в лаборатории предусматривают сухие проветриваемые помещения. Соблюдение оптимальной температуры хранения +5 °С при влажности 50–60 % и сроков хранения являются обязательным условием.

Вода для поения животных должна соответствовать ГОСТ Р 51232–98¹⁶. Для улучшенных конвенциональных и СПФ-животных воду необходимо стерилизовать. Подстилка для лабораторных животных является их средой обитания. Она используется грызунами для построения гнезд и часто используется в пищу.

Поэтому материалы, используемые для этих целей, должны быть безопасными и обладать хорошими сорбирующими свойствами, поглощать запахи¹⁷. Для этих целей разработаны соответствующие технические условия¹⁷. В качестве подстилки могут использоваться опилки, стружки или мелкая щепа (может быть разной по форме, длина 5–20 мм, толщина 1–2 мм, максимальная влажность 8 %) из экологически чистой древесины лиственных пород. Количество пыли не должно превышать 1 %. Наиболее качественной подстилкой считаются гранулы из початков кукурузы, однако ее стоимость достаточно высока. При использовании в качестве подстилки резаной бумаги необходимо понимать, что процедура замены будет проводиться чаще. Перед использованием подстилочный материал подвергается паровой стерилизации с последующей сушкой, что обеспечивает его надежное обеззараживание.

Работа с зараженными животными, инфицированными патогенными биологическими агентами I–II групп, требует особого подхода¹⁸. К первичным барьерам защиты персонала и окружающей среды относят конструктивные

особенности помещений и оборудование для содержания инфицированных животных [7].

Вентилируемые системы, шкафы позволяют содержать лабораторных животных в клетках в условиях контролируемой микробиологической контаминации с созданием разрежения или избыточного давления воздуха. Воздух на выходе очищается предфильтрами и НЕРА-фильтрами класса H13 или H14. На входе также установлены НЕРА-фильтры высокого класса, что позволяет использовать животных с контролируемой микрофлорой (СПФ-категории). Оборудование лаборатории в обязательном порядке подключают к системе приточно-вытяжной вентиляции. С помощью панели управления блока можно контролировать параметры микроклимата в клетках лабораторных животных (расход воздуха, температуру, влажность, давление, воздухообмен). Такие процедуры, как заражение лабораторных животных, вскрытие павших, уход, чистка клеток, для снижения риска заражения персонала и окружающей среды проводят, используя специализированные боксы для работы с животными и клетками, оборудованные ULPA-фильтрами [7]. Организации, занимающиеся разработкой и испытанием вакцин с использованием лабораторных животных, особое внимание уделяют контролю здоровья биологических тест-систем. В учреждениях специально разрабатывают и внедряют программу мониторинга здоровья лабораторных животных [14, 15]. Мониторинг включает в себя внутренний и внешний контроль. Внутренний контроль начинается с первичного подробного осмотра вновь прибывшей партии, поступившей для исследований. Животных помещают в карантин для выявления больных особей и общей адаптации. Наблюдение осуществляется ветеринарным врачом и лаборантами. Персонал проводит ежедневные и периодические осмотры состояния здоровья биомоделей.

Внешний контроль заключается в регулярном проведении лабораторных исследований животных в сертифицированном центре на наличие патогенной флоры и паразитов [16].

Скрытое вирус- и бактерионосительство является одним из критериев состояния здоровья лабораторных животных. Использование инфицированных животных влечет за собой возможность диагностических ошибок вследствие активации патогенных агентов [17]. В случае моделирования инфекционного процесса в рамках изучения эффективности вакцин развитие симптомов болезни после введения материала может являться не следствием действия введенного биоматериала, а быть результатом самой процедуры, нарушающей предшествующее равновесие в организме. Наличие скрытой вирусной или бактериальной

¹⁴ Комбикорма для пушных зверей, кроликов и нутрий: ГОСТ 32897–2014. Общие технические условия.

¹⁵ Комбикорма полнорационные для лабораторных животных: ГОСТ Р 50258–92. Технические условия. М.: Издательство стандартов, 1992. 7 с.

¹⁶ Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества: ГОСТ Р 51232–98.

¹⁷ Материал подстилочный из древесной щепы для лабораторных животных: технические условия ТУ 5313-001-1897639-92.

¹⁸ СП 1.3.3118–13 «Безопасность работы с микроорганизмами I–II групп патогенности (опасности)». М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2014. 195 с.

инфекции может также выражаться уменьшением или исчезновением чувствительности животных к исследуемому патогенному агенту вследствие явления интерференции. Возможен и противоположный эффект, а именно — явление синергизма в действии вирусов, что создает трудности в интерпретации результатов. Поэтому организации специалистов по работе с лабораторными животными определили перечень микроорганизмов, которые не должны присутствовать в организме лабораторного животного, а также методы их выявления [14, 16]. При организации мониторинга здоровья лабораторных животных необходимо помнить о соматических заболеваниях, которые развиваются вследствие нарушения условий содержания животных [18].

В соответствии со стандартом «Надлежащей лабораторной практики» требования к тестовым системам, используемым для испытаний, предъявляются значительно более жесткие, чем для научных исследований.

Микробиологическая стандартность животных определяется мониторингом их статуса в соответствии с категорией. Регулярный мониторинг осуществляется специалистами диагностической лаборатории с минимальной частотой: для животных 1–2 категорий — 1 раз в 6 месяцев; для 3–4 категорий — 1 раз в 2–3 месяца; для 5 категории — 1 раз в 6 месяцев [1].

Существуют разные варианты отбора животных для исследований. Один из существующих вариантов — это выборка животных отдельно из каждой зоны обитания. Минимально допустимое количество определяется в процентном соотношении от имеющегося поголовья в питомнике или виварии. В случае выявления симптомов болезней выборка определяется эпизоотической ситуацией. При исследовании животных, содержащихся в вентиляционных системах, выборку делают из клеток, расположенных на нижних стеллажах. Если животные содержатся в открытых клетках, — из мест, где вероятность заноса инфекционных агентов наиболее высока. Это так называемые «мертвые» зоны, где происходит слабый обмен воздуха, вблизи воздухозаборника вентиляционной системы, биопробной и др. [15].

Для диагностики качества лабораторных животных также используют животных-сентинел. Эта категория животных является индикатором возможной контаминации поголовья. Методика подготовки животных-сентинел производится с помощью переноса загрязненного подстила из других клеток, чтобы выявить всю потенциальную инфекцию в виварии или питомнике.

Определение микробиологического статуса лабораторных животных проводится специалистами сертифицированных ветеринарных лабораторий с использованием надежных современных методов индикации инфекционных агентов. Для ранней диагностики инфекционных болезней используются метод ПЦР. Бактериологические и иммунохимические методы по-прежнему являются неотъемлемыми для выделения возбудителя.

Причиной нарушения чистоты линии при разведении инбредных животных являются спонтанные мутации или случайные скрещи-

вания. Поэтому учреждения, занимающиеся разведением животных чистых линий, должны уделять особое внимание генетической чистоте животных. Каждая линия животных имеет свой генетический профиль, который определяют с помощью биохимических, иммунологических и морфологических маркеров, поэтому все эти методы можно использовать для мониторинга стандартизации инбредных линий. Для подтверждения гомозиготности используется также методика пересадки кожных трансплантатов. Генетический контроль необходимо проводить регулярно, чтобы удостовериться в правильности разведения линии, особое внимание уделяя учетным записям.

Любая аудиторская проверка системы менеджмента качества при использовании лабораторных животных начинается с проверки документации и соответствия законодательной базе Российской Федерации. Наличие СОП позволяет определить условия содержания биомоделей и их благополучие. Экспертное заключение биоэтической комиссии выдается на каждое исследование и содержит оценку его с точки зрения гуманного отношения к животным. Мониторинг здоровья и качества животных, подтверждение микробиологического и генетического статуса — ключевой вопрос аудиторской проверки. Аудит персонала питомников и вивариев заключается в оценке наличия таких специалистов, как ветеринарный врач, опытных научных сотрудников, владеющих техникой проведения анестезии, эвтаназии и других процедур, а также зоотехников и специалистов по уходу за животными [18].

Заключение.

Таким образом, научно-исследовательские учреждения, использующие в своей работе лабораторных животных, первостепенное внимание должны уделять их качеству. Качество лабораторных животных формируется совокупностью факторов, таких как среда обитания, содержание, питание, питье, подстилочный материал, мониторинг за генетическим и микробиологическим статусом животных, соблюдение санитарных норм и правил при работе с инфицированными животными. Стандартизация всех этапов проведения испытаний является необходимым процессом, позволяющим уверенно проводить исследование с соблюдением надлежащего уровня качества и получать достоверные результаты в работе.

Информация о вкладе авторов: Семакова А.П. — разработка дизайна исследования, написание текста рукописи; Германчук В.Г. — получение данных для анализа, анализ полученных данных, написание текста рукописи, обзор публикаций по теме статьи; Шавина Н.Ю. — анализ полученных данных, написание текста рукописи.

Финансирование: работа не имела спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

(пп. 5, 6, 8, 11, 12, 14, 16, 17 см. References)

1. Мурашев А.Н., Попов В.С., Красильщикова М.С. и др. Национальные особенности доклинических исследований и использования лабораторных животных в России: проблемы и перспективы //

- Ведомости Научного центра экспертизы средств медицинского применения. 2015. № 2. С. 35–39.
2. Брайцева Е.В. Фундаментальные основы GLP (Часть 1. Основные положения качественной лабораторной практики) // Биомедицина. 2006. Т. 1. № 2. С. 140–142.
 3. Бондарева Е.Д., Макарова М.Н., Ковалева М.А. и др. Нормативно-правовое регулирование деятельности питомников и экспериментально-биологических клиник (вивариев) // Лабораторные животные для научных исследований. 2018. № 4. С. 100–115.
 4. Мохов А.А., Мурашев А.Н., Красильщикова М.С. и др. О необходимости совершенствования законодательства в сфере использования лабораторных животных // Ведомости Научного центра экспертизы средств медицинского применения. 2016. № 4. С. 62–68.
 7. Германчук В.Г., Морозов К.М., Семакова А.П. и др. Обеспечение биологической безопасности в лаборатории для работы с зараженными животными // Здоровье населения и среда обитания. 2016. № 12 (285). С. 44–48.
 9. Фатеева В.И. Лабораторные животные: нужен ли специалист для работы с ними? // Международный вестник ветеринарии. 2013. № 3. С. 67–71.
 10. Германчук В.Г., Семакова А.П., Шавина Н.Ю. Этические принципы при обращении с лабораторными животными в эксперименте с патогенными биологическими агентами I–II групп // Проблемы особо опасных инфекций. 2018. № 4. С. 33–38.
 13. Макарова М.Н., Макаров В.Г., Рыбакова А.В. и др. Питание лабораторных животных. Основные рационы // Международный вестник ветеринарии. 2017. № 2. С. 91–105.
 15. Исламов Р.А. Организация мониторинга здоровья лабораторных животных // Вестник Казахского медицинского университета. 2016. № 3. С. 174–178.
 18. Макарова М.Н. Аудит доклинического центра: система координат // Лабораторные животные для научных исследований. 2019. № 1. С. 66–75.
- References**
1. Murashev AN, Popov VS, Krasilshchikova MS, et al. National characteristics of preclinical studies and use of laboratory animals in Russia: problems and prospects. *Vedomosti Nauchnogo Tsentra Ekspertizy Sredstv Meditsinskogo Primeneniya*. 2015; (2):35–39. (In Russian).
 2. Braytseva EV. GLP fundamentals. (Part 1: Basic provisions of good laboratory practice). *Biomeditsina*. 2006; 1(2):140–142. (In Russian).
 3. Bondareva ED, Makarova MN, Kovaleva MA, et al. Regulatory framework experimental biological clinics (vivaries) and nursery for laboratory animals. *Laboratornye Zhivotnye dlya Nauchnykh Issledovaniy*. 2018; (4):100–115. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.29296/2618723X-2018-04-08>
 4. Mokhov AA, Murashev AN, Krasilshchikova MS, et al. On the need to improve the legislation on laboratory animals. *Vedomosti Nauchnogo Tsentra Ekspertizy Sredstv Meditsinskogo Primeneniya*. 2016; (4):62–68. (In Russian).
 5. Thomas S. Physiologically-based simulation modelling for the reduction of animal use in the discovery of novel pharmaceuticals. *Altern Lab Anim*. 2009; 37(5):497–511. DOI: <https://doi.org/10.1177/026119290903700507>
 6. Varga OE, Hansen AK, Sandoe P, et al. Validating animal models for preclinical research: a scientific and ethical discussion. *Altern Lab Anim*. 2010; 38(3):245–248. DOI: <https://doi.org/10.1177/026119291003800309>
 7. Germanchuk VG, Morozov KM, Semakova AP, et al. Ensuring biological safety in laboratory for work with the infected animals. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2016; (12(285)):44–48. (In Russian).
 8. Nevalainen T, Dontas I, Forslid A, et al. FELASA recommendations for the education and training of persons carrying out animal experiments (Category B). Report of the Federation of European Laboratory Animal Science Associations Working Group on Education of Persons Carrying out Animal Experiments (Category B) accepted by the FELASA. *Lab Anim*. 2000; 34(3):229–235. DOI: <https://doi.org/10.1258/002367700780384672>
 9. Fateeva EI. Do laboratory animals need specialists for using them? *Mezhdunarodnyy Vestnik Veterinariy*. 2013; (3):67–71. (In Russian).
 10. Germanchuk VG, Semakova AP, Shavina NYu. Ethical principles for handling laboratory animals in an experiment with pathogenic biological agents of the I–II groups. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsiy*. 2018; (4):33–38. (In Russian).
 11. Comfortable quarters for laboratory animals. Liss C, Litwak K, Tilford D, Reinhardt V, editors. 10th ed. Washington: Animal Welfare Institute Publ., 2015. 239 p.
 12. Working Group for Cage Processing. Cage processing in animal facilities properly done. 5th issue, 2016. 78 p.
 13. Makarova MN, Makarov VG, Rybakova AV, et al. Diet laboratory animals. *Mezhdunarodnyy Vestnik Veterinariy*. 2017; (2):91–105. (In Russian).
 14. FELASA working group on revision of guidelines for health monitoring of rodents and rabbits, Mähler Convenor M, Berard M, et al. FELASA recommendations for the health monitoring of mouse, rat, hamster, guinea pig and rabbit colonies in breeding and experimental units. *Lab Anim*. 2014; 48(3):178–192. DOI: <https://doi.org/10.1177/0023677213516312>
 15. Islamov RA. The organization of health monitoring of laboratory animals. *Vestnik Kazakhskogo Meditsinskogo Universiteta*. 2016; (3):174–178. (In Russian).
 16. Ohsugi T, Matsuura K, Kawabe S, et al. Natural infection of murine norovirus in conventional and specific pathogen-free laboratory mice. *Front Microbiol*. 2013; 4:12. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2013.00012>
 17. Gozalo AS, Hoffmann VJ, Brinster LR, et al. Spontaneous Staphylococcus xylosus infection in mice deficient in NADPH oxidase and comparison with other laboratory mouse strains. *J Am Assoc Lab Anim Sci*. 2010; 49(4):480–486.
 18. Makarova MN. Audit of preclinical research center. Main directions. *Laboratornye Zhivotnye dlya Nauchnykh Issledovaniy*. 2019; (1):66–75. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.29296/2618723X-2019-01-05>

