

# ***Медицина труда и экология человека***

***2022. №2,  
Сетевое издание ISSN 2411-3794***



12+

[uniimtech.ru](http://uniimtech.ru)

**Учредитель**

Федеральное бюджетное учреждение науки

«Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека»

**Главный редактор** – А.Б. Бакиров, д.м.н., проф., академик АН РБ – советник директора ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека»

**Зам. главного редактора** – Г.Г. Гимранова, д.м.н.

**Редакционный совет:**

А.Ю. Попова, д.м.н., проф. (Россия, Москва),  
И.В. Бухтияров, д.м.н., проф., акад. РАН (Россия, Москва),  
В.Ю. Ананьев, к.м.н. (Россия, Москва),  
Н.В. Зайцева, д.м.н., акад. РАН (Россия, Пермь),  
А.В. Зеленко, к.м.н. (Белоруссия, Минск),  
Г.Е. Косяченко, д.м.н. (Белоруссия, Минск),  
И.З. Мустафина, к.м.н. (Россия, Москва),  
В.Н. Ракитский, д.м.н., акад. РАН (Россия, Москва),  
С.Х. Сарманаев, д.м.н., проф. (Россия, Москва),  
С.А. Горбанев, д.м.н. (Россия, Санкт-Петербург),  
И.В. Май, д.б.н., проф. (Россия, Пермь),  
Н.В. Богданова, Ph.D (Германия, Ганновер),  
А.В. Потатурко, д.м.н. (Россия, Екатеринбург),  
В.А. Семенихин, д.м.н. (Россия, Кемерово),  
Л.П. Кузьмина, д.б.н. (Россия, Москва),

Ю.А. Рахманин, д.м.н., проф., акад. РАН (Россия, Москва),  
А.Я. Рыжов, д.б.н., проф. (Россия, Тверь),  
В.Ф. Спиринов, д.м.н., проф. (Россия, Саратов),  
С.И. Сычик, к.м.н. (Белоруссия, Минск),  
В.А. Тутельян, д.м.н., проф., акад. РАН (Россия, Москва),  
Х.Х. Хамидулина, д.м.н., проф. (Россия, Москва),  
С.А. Хотимченко, д.м.н., проф., член-корр. РАН (Россия, Москва),  
Т.Н. Хамитов, к.м.н. (Казахстан, Караганда),  
М.П. Сутункова, д.м.н. (Россия, Екатеринбург),  
И.К. Романович, д.м.н., проф., акад. РАН (Россия, Санкт-Петербург),  
Е.Л. Потеряева, д.м.н. (Россия, Новосибирск),  
С.Ю. Перов, д.б.н. (Россия, Москва)

**Редакционная коллегия:**

Э.Т. Валеева, д.м.н. (Россия, Уфа),  
Т.В. Викторова, д.м.н., проф. (Россия, Уфа),  
М.Г. Гайнуллина, д.м.н., проф. (Россия, Уфа),  
Т.Р. Зилькарнаев, д.м.н., проф. (Россия, Уфа),  
Л.М. Карамова, д.м.н., проф. (Россия, Уфа),  
Л.К. Каримова, д.м.н., проф. (Россия, Уфа),  
Н.Х. Шарафутдинова, д.м.н., проф. (Россия, Уфа)

Р.А. Сулейманов, д.м.н. (Россия, Уфа),  
З.С. Терегулова, д.м.н., проф. (Россия, Уфа),  
Л.М. Масягутова, д.м.н. (Россия, Уфа),  
З.Ф. Гимаева, д.м.н. (Россия, Уфа),  
Э.Р. Шайхлисламова, к.м.н. (Россия, Уфа),  
Е.Г. Степанов, к.м.н. (Россия, Уфа),  
З.Б. Бактыбаева, к.б.н. (Россия, Уфа)

**Редакция:**

зав. редакцией – С.М. Батисова  
научный редактор – Д.О. Каримов

переводчики – З.Р. Палютина, Г.М. Башарова  
корректор – Р.Р. Ахмадиева

Адрес редакции: Российская Федерация, 450106, Республика Башкортостан,  
город Уфа, улица Степана Кувыкина, дом 94  
Тел.: (347) 255-19-57, факс: (347) 255-56-84

E-mail: [journal@uniimtech.ru](mailto:journal@uniimtech.ru)

Электронная версия журнала — на сайте <http://uniimtech.ru/>

**ЗАРЕГИСТРИРОВАН В ФЕДЕРАЛЬНОЙ СЛУЖБЕ ПО НАДЗОРУ В СФЕРЕ СВЯЗИ, ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ 29.05.2020, НОМЕР СВИДЕТЕЛЬСТВА ЭЛ № ФС77-78392**

**Журнал входит в Перечень российских рецензируемых научных журналов, которые рекомендованы Высшей аттестационной комиссией при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации (ВАК) для публикации результатов диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук**

Перепечатка текстов без разрешения редакции запрещена.

При цитировании материалов ссылка на журнал обязательна.

Возрастное ограничение: 12+. Подписано в печать: **21.06.2022.**

© ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», 2022

#### Founder

Federal State-Funded Institution of Science

Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology

**Editor-in-Chief** – A.B. Bakirov, M.D., Professor of Medicine, Academician of the Bashkortostan Academy of Sciences – Director's Advisor Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology

**Deputy Chief Editor** – G.G. Gimranova, M.D.

#### Editorial Board:

A.Yu. Popova, M.D., Professor of Medicine (Russia, Moscow),

I.V. Bukhtiyarov, M.D., Professor of Medicine, academician of RAS (Russia, Moscow),

V.Yu. Ananiev, Ph.D. (Medicine) (Russia, Moscow),

N.V. Zaitseva, M.D., Academician of RAS (Russia, Perm),

A.V. Zelenko, Ph.D. (Medicine) (Belarus, Minsk),

G.E. Kosyachenko, M.D. (Belarus, Minsk),

I.Z. Mustafina, Ph.D. (Medicine) (Russia, Moscow),

V.N. Rakitsky, M.D., Academician of RAS (Russia, Moscow),

S.Kh. Sarmanaev, M.D., Professor of Medicine (Russia, Moscow),

S.A. Gorbanev, M.D. (Russia, St. Petersburg),

I.V. May, Doctor of Biology, Professor (Russia, Perm),

N.V. Bogdanova, Ph.D. (Germany, Hanover),

A.V. Potaturko, M.D. (Russia, Yekaterinburg)

V.A. Semenikhin, M.D. (Russia, Kemerovo)

L.P. Kuzmina, Doctor of Biology (Russia Moscow)

Yu.A. Rakhmanin, M.D., Professor of Medicine (Russia, Moscow),

A.Ya. Ryzhov, Doctor of Biology, Professor (Russia, Tver),

V.F. Spirin, M.D., Professor of Medicine (Russia, Saratov),

S.I. Sychik, Ph.D. (Medicine) (Belarus, Minsk),

V.A. Tutelian, M.D., Professor of Medicine, acad. of RAS (Russia, Tver),

Kh.Kh. Khamidulina, M.D., Professor of Medicine (Russia, Moscow),

S.A. Khotimchenko, M.D., Professor of Medicine, Corresponding Member of RAS (Russia, Moscow),

T.N. Khamitov, Ph.D. (Medicine) (Kazakhstan, Karaganda),

M.P. Sutunkova, M.D. (Russia, Yekaterinburg),

I.K. Romanovich, M.D., Professor of Medicine (Russia, St. Petersburg),

E.L. Poteryaeva, M.D. (Russia, Novosibirsk)

S.Yu. Perov, Doctor of Biology (Russia, Moscow)

#### Editorial Council:

E.T. Valeeva, M.D. (Russia, Ufa),

T.V. Viktorova, M.D., Professor of Medicine (Ufa, Russia),

M.G. Gainullina, M.D., Professor of Medicine (Russia, Ufa),

T.R. Zulkarnaev, M.D., Professor of Medicine (Russia, Ufa),

L.M. Karamova, M.D., Professor of Medicine (Russia, Ufa),

L.K. Karimova, M.D., Professor of Medicine (Russia, Ufa),

Z.B. Baktybaeva, Ph.D. (Biology) (Russia, Ufa)

N.Kh. Sharafutdinova, M.D., Professor of Medicine (Russia, Ufa)

R.A. Suleymanov, M.D. (Russia, Ufa),

Z.R. Teregulova, M.D., Professor of Medicine (Russia, Ufa),

L.M. Masyagutova, M.D. (Russia, Ufa),

Z.F. Gimaeva, M.D. (Russia, Ufa),

E.R. Shaikhislamova, Ph.D. (Medicine) (Russia, Ufa)

E.G. Stepanov, Ph.D. (Medicine) (Russia, Ufa),

#### Editors:

Managing Editor - Batisova S.M.

Science Editor - Karimov D.O.

Translators - Palyutina Z.R., Basharova G.M.

Proofreader - Akhmadieva R.R.

Editorial office: Russian Federation, 450106, Republic of Bashkortostan, 94, Kuvykina Ul., Ufa.

Phone: (347) 255-19-57, fax: (347) 255-56-84

E-mail: [journal@uniimtech.ru](mailto:journal@uniimtech.ru)

The electronic version of the journal is on the website <http://uniimtech.ru/>

REGISTERED IN THE FEDERAL SERVICE FOR SUPERVISION IN THE FIELD OF COMMUNICATION, INFORMATION TECHNOLOGIES AND MASS COMMUNICATIONS 29.05.2020, CERTIFICATE NUMBER EL No. FS77-78392

The journal is included in the list of peer-reviewed scientific journals and publications recommended by the Higher Attestation Commission of the Russia under the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (HAC) for publishing the main scientific results of a dissertation for the degree of Candidate and Doctor of sciences.

Reprinting of texts without permission of the publisher is prohibited.

When quoting materials reference to the journal is required.

Age restriction: 12+. Signed to print: 21.06.2022.

# СОДЕРЖАНИЕ

## ПЕРЕДОВАЯ СТАТЬЯ

- 7 **РАЗРАБОТКИ ФБУН «УФИМСКИЙ НИИ МЕДИЦИНЫ ТРУДА И ЭКОЛОГИИ ЧЕЛОВЕКА» В СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ОРГАНИЗМОВ**  
Каримов Д.О., Бакиров А.Б., Мухаммадиева Г.Ф., Кудояров Э.Р., Каримов Д.Д., Репина Э.Ф., Ахмадеев А.Р.

## COVID-19

- 19 **АНАЛИЗ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ РЕАКЦИЙ НА НОШЕНИЕ МАСОК В ПАНДЕМИЮ COVID-19 У РАБОТНИКОВ ТРАНСПОРТА**  
Шашина Е.А., Смирнова Т.М., Белова Е.В., Жернов Ю.В., Ходыкина Т.М., Макарова В.В., Исютина-Федоткова Т.С., Заброда Н.Н., Елисеев Н.К., Крутько В.Н., Митрохин О.В.

## МЕДИЦИНА ТРУДА

- 37 **АНАЛИЗ ПРИЧИН НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ У ВОДИТЕЛЕЙ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ**  
Шаповал И.В., Фагамова А.З., Каримова Л.К., Мулдашева Н.А., Бейгул Н.А., Ильина Л.А., Ларионова Э.А.

- 50 **ВЛИЯНИЕ АЭРОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА СТОМАТОЛОГИЧЕСКОЕ ЗДОРОВЬЕ РАБОТНИКОВ ПО ДОБЫЧЕ МАРГАНЦОВИСТОГО ИЗВЕСТНЯКА**  
Рахматуллина Р.З., Хайбуллина Р.Р., Валеева Э.Т., Герасимова Л.П., Кабирова М.Ф.

- 64 **ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ОРГАНИЗМА ОВОЩЕВОДОВ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА В ДИНАМИКЕ РАБОЧЕЙ СМЕНЫ**  
Мигачева А.Г., Новикова Т.А.

- 75 **СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ РАБОТНИКОВ ПРОИЗВОДСТВА БУТИЛОВОГО КАУЧУКА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПЕРИОДИЧЕСКОГО МЕДИЦИНСКОГО ОСМОТРА**  
Галимова Р.Р., Кудояров Э.Р., Бакиров А.Б., Каримова Л.К., Валеева Э.Т.

- 90 **РЕПРЕЗЕНТАТИВНОСТЬ МАКСИМАЛЬНО РАЗОВЫХ  
КОНЦЕНТРАЦИЙ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРНОМ  
ВОЗДУХЕ КРУПНОГО НАСЕЛЕННОГО ПУНКТА ПРИ  
ДОЛГОСРОЧНОМ АНАЛИЗЕ ВЛИЯНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА  
СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ**

Дзержинская Н.А., Гиндюк Л.Л., Гиндюк А.В., Сысоева И.В., Крупская Д.А.,  
Урбан Ю.Е., Ермак С.Л.

ОЦЕНКА РИСКА ЗДОРОВЬЮ

- 100 **К ВОПРОСУ ОБ ОЦЕНКЕ РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ  
ПОГОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ТЕРРИТОРИИ  
АВАЧИНСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ КАМЧАТКИ**

Рахманов Р.С., Богомолова Е.С., Разгулин С.А., Аликберов М.Х., Спирин С.А.

- 113 **КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ИНГАЛЯЦИОННОГО РИСКА ДЛЯ  
ЗДОРОВЬЯ ПОДРОСТКОВ С УЧЕТОМ ДОЛЕВОГО ВКЛАДА ВОЗДУХА  
ПОМЕЩЕНИЙ**

Мыльникова И.В., Ефимова Н.В., Кудаев А.Н.

- 128 **ОЦЕНКА РЕАКЦИИ ОРГАНИЗМА ПО ИНТЕГРАЛЬНЫМ  
ПОКАЗАТЕЛЯМ ЗДОРОВЬЯ ПРИ РАБОТАХ НА НАДВОДНЫХ  
МОРСКИХ СУДАХ**

Рахманов Р.С., Богомолова Е.С., Разгулин С.А., Аликберов М.Х., Спирин С.А.

ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ И СОЦИАЛЬНАЯ ГИГИЕНА

- 141 **ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ ТРУДОСПОСОБНОГО ВОЗРАСТА В  
РЕСПУБЛИКЕ БАШКОРТОСТАН В 2015-2020 ГОДАХ**

Шайхлисламова Э.Р., Валеева Э.Т., Шастин А.С., Малых О.Л., Газимова В.Г.,  
Цепилова Т.М., Устюгова Т.С.

- 166 **ВЗАИМОСВЯЗЬ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ И ФИЗИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ  
СТУДЕНЧЕСКОЙ МОЛОДЕЖИ**

Хусаинов А.Э., Зулькарнаев Т.Р., Поварго Е.А., Мочалкин П.А., Агафонов А.И.,  
Залалова А.А.

**177 ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ КОМПОНЕНТОВ  
ОБРАЗА ЖИЗНИ СТУДЕНТОВ МЕДИЦИНСКИХ ВУЗОВ**

Девришов Р.Д., Хорошева И.В., Кудряшева И.А., Даулетова Л.А., Дашдамирова Н.А.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ**

**187 АЭРОЗОЛЬНАЯ КАМЕРНАЯ УСТАНОВКА ПО ТИПУ «ГОЛОВА-НОС»  
TSE SYSTEMS ДЛЯ ЭКСПОНИРОВАНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ  
ЖИВОТНЫХ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ ПО НОРМИРОВАНИЮ  
ПРОИЗВОДНОГО ДИПИРИДИЛИЯ**

Порошин М.А., Белоедова Н.С., Сафандеев В.В.

**205 СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ОСТРОЙ ИНГАЛЯЦИОННОЙ  
ТОКСИЧНОСТИ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУШНОЙ СРЕДЕ НА  
ПРИМЕРЕ ПРОИЗВОДНОГО ГИДРОКСИКУМАРИНА**

Сафандеев В.В., Белоедова Н.С., Порошин М.А., Сеницкая Т.А.

**АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР**

**224 МИКРОПЛАСТИКИ В ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ: ПРОИСХОЖДЕНИЕ,  
СВОЙСТВА И ВОЗМОЖНЫЕ РИСКИ**

Гмошинский И.В., Шипелин В.А., Хотимченко С.А.

**ПОЗДРАВЛЕНИЯ**

**243 К 70-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ СУЛЕЙМАНОВА РАФАИЛА  
АНВАРОВИЧА**

УДК 338.439.2:631.523

## РАЗРАБОТКИ ФБУН «УФИМСКИЙ НИИ МЕДИЦИНЫ ТРУДА И ЭКОЛОГИИ ЧЕЛОВЕКА» В СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ОРГАНИЗМОВ

Каримов Д.О.<sup>1</sup>, Бакиров А.Б.<sup>1,2</sup>, Мухаммадиева Г.Ф.<sup>1</sup>, Кудояров Э.Р.<sup>1</sup>, Каримов Д.Д.<sup>1</sup>, Репина Э.Ф.<sup>1</sup>, Ахмадеев А.Р.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», Уфа, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России, Уфа, Россия

Генетически модифицированные организмы (ГМО) являются самой быстро внедряемой технологией в истории современного сельского хозяйства. Выращивание ГМО во многих странах, в том числе и в России, строго регулируется, что требует совершенствования методов их обнаружения и маркировки. На сегодняшний день практически все ГМО были разработаны путем введения в геном трансгенной вставки (т.е. промотора, кодирующей последовательности, терминатора) и основным методом их обнаружения является ПЦР в реальном времени. Однако для создания новых ГМО будут использоваться новые типы генетических элементов. Кроме того, в ближайшем будущем может возрасти присутствие несанкционированных ГМО в образцах продуктов питания и кормов. Чтобы лаборатории могли продолжать выявлять все случаи ГМО и получать представление о возможном присутствии неразрешенных ГМО в образцах продуктов питания и кормов, потребуется интенсивный скрининг. В статье представлены новые подходы к методам обнаружения ГМО в продуктах питания и обзор эволюции ГМО и возникающие вследствие этого новые вопросы.

**Ключевые слова:** генетически модифицированные организмы, растения, методы определения.

**Для цитирования:** Каримов Д.О., Бакиров А.Б., Мухаммадиева Г.Ф., Кудояров Э.Р., Каримов Д.Д., Репина Э.Ф., Ахмадеев А.Р. Работа ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека» в совершенствовании методов определения генетически модифицированных организмов. 2022;2:7-18.

**Для корреспонденции:** Каримов Денис Олегович – к.м.н., ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», заведующий отделом токсикологии и генетики с экспериментальной клиникой лабораторных животных; e-mail: karimovdo@gmail.com.

**Финансирование:** Отраслевая научно-исследовательская программа Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека на 2021-2025 гг. «Научное обоснование национальной системы обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия, управления рисками здоровью и повышения качества жизни населения России», п. 4.1.2.

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

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24411/2411-3794-2022-10201>

## THE CONTRIBUTION OF THE UFA RESEARCH INSTITUTE OF OCCUPATIONAL HEALTH AND HUMAN ECOLOGY TO THE IMPROVEMENT OF TECHNIQUES FOR DETECTING GENETICALLY MODIFIED ORGANISMS

Karimov D.O.<sup>1</sup>, Bakirov A.B.<sup>1,2</sup>, Mukhammadieva G.F.<sup>1</sup>, Kudoyarov E.R.<sup>1</sup>, Karimov D.D.<sup>1</sup>, Repina E.F.<sup>1</sup>, Akhmadeev A.R.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, Ufa, Russia

<sup>2</sup> Bashkirian State Medical University, Ufa, Russia

*Genetically modified organisms (GMOs) are the fastest-growing technology in the history of modern agriculture. The cultivation of GMOs in many countries, including Russia, is strictly regulated, which requires improving methods of their detection and labeling. To date, almost all GMOs have been developed by introducing a transgenic insert into the genome (i.e., a promoter, coding sequence, terminator) and the main method of their detection is real-time PCR. However, new types of genetic elements will be used to create new GMOs. In addition, the presence of unauthorized GMOs in food and feed samples may increase in the near future. Intensive screening will be required so that laboratories can continue to identify all cases of GMOs and get an idea of the possible presence of unauthorized GMOs in food and feed samples. The article presents new approaches to the methods of detecting GMOs in food and an overview of the evolution of GMOs and the resulting new issues.*

**Keywords:** *genetically modified organisms, plants, methods of determination.*

**Citation:** *Karimov D.O., Bakirov A.B., Mukhammadieva G.F., Kudoyarov E.R., Karimov D.D., Repina E.F., Akhmadeev A.R. The contribution of the Ufa research institute of occupational health and human ecology to the improvement of techniques for detecting genetically modified organisms. Occupational Health and Human Ecology. 2022;2:7-18*

**Correspondence:** *Denis O.Karimov Head of the Department of Toxicology and Genetics with Experimental Clinic of Laboratory Animals; e-mail: karimovdo@gmail.com.*

**Financing:** *The study had no financial support.*

**Conflict of interest.** *The authors declare no conflict of interest.*

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2022-10201>

Коммерциализация биотехнологических или генетически модифицированных (ГМО) культур была начата в 1996 г. С этого момента наблюдался огромный рост площади посевов, что делает биотехнологические культуры самой быстро внедряемой технологией выращивания сельскохозяйственных культур в истории земледелия [1].

Во всем мире существуют различные правила и нормы, регулирующие обращение с ГМО, которые приводят к тому, что некоторые ГМО, одобренные в стране-экспортере, могут импортироваться в другую страну, где статус этих ГМО отличается. Частота таких инцидентов, несомненно, будет возрастать.

Большинство современных ГМО создаются путем вставки конструкции трансгенной ДНК в геном хозяина. Полученный организм будет проявлять новые свойства благодаря тому, что чужеродная последовательность ДНК кодирует новый белок, экспрессируемый в этом растении. Исходя из этих характеристик, в основном были разработаны два типа методов обнаружения ГМО. Первый метод основан на анализе белков, второй – на поиске ДНК [2,3,4,5]. Белковые методы имеют ряд значительных недостатков и практически не используются [3,6].

В настоящее время наиболее часто используются методы на основе амплификации определенного фрагмента ДНК (т. е. методы, специфичные для элементов и конструкций). Но происходит постоянная эволюция методов получения ГМО и методы обнаружения часто за ними не успевают.

ГМО растения, которые были разработаны и коммерциализированы до сих пор, в основном трансформируются с использованием трансгенной вставки. Вставка состоит из регуляторной промоторной области, кодирующей последовательности и терминатора. Промоторные и терминаторные элементы, использованные в первых ГМО, в основном представляли собой промотор 35S вируса мозаики цветной капусты (p35S; [9]) и терминатор нопалинсинтазы *Agrobacterium tumefaciens* (tNOS; [10]). Признаки также были ограничены генами, придающими устойчивость к гербицидам и насекомым. В последние годы были введены новые регуляторные последовательности [11,12], такие как терминатор 35S вируса мозаики цветной капусты (t35S), промотор вируса мозаики Фигворта (pFMV; [13]), промотор нопалинсинтазы *Agrobacterium tumefaciens* (pNOS), промотор актина риса (pAct; [14]) и промотор убиквитина кукурузы (pUbiZM; [15]). В ближайшие годы список применяемых генов значительно расширится. Разнообразие используемых трансгенов и видов можно проиллюстрировать следующими примерами. Гавайские исследователи разработали папайю (*Caricarpa*), устойчивую к вирусу кольцевой пятнистости папайи [16], которая была коммерциализирована в 1998 году и экспортируется в Канаду с 2003 года. Баклажан (*Solanum melongena* L.) был модифицирован для придания устойчивости к колорадскому жуку (*Leptinotarsa decemlineata* Say; [17]) за счет экспрессии генов кассавы (*Manihot esculenta* Crantz). Есть растения модифицированные для снижения содержания амилазы в крахмале [18], что важно для промышленных целей, таких как производство бумаги и текстиля [19].

#### **Эволюция стратегии скрининга ГМО**

Из-за широкого спектра ГМО, как разрешенных, так и неразрешенных, которые присутствуют на мировом и российском рынке, стратегия индивидуальной идентификации становится все менее эффективной. Уже сейчас такие стратегии для идентификации известных последовательностей не рациональны, поскольку это чрезвычайно дорого и занимает много времени. В ближайшее время это станет просто невозможно. Поэтому в большинстве контрольно-надзорных лабораторий разработана стратегия скрининга, при которой минимальный набор ПЦР-тестов (нацеленных на определенные генетические элементы) должен позволить сделать выводы об отсутствии/наличии как можно большего числа ГМ-событий.

На сегодняшний день оптимальная признанная стратегия призвана для обнаружения ГМО с помощью 11 мишеней ПЦР (табл. 1).

Таблица 1  
Стратегия скрининга для поиска компонентов ГМО в продуктах питания

Table 1

Screening strategy for searching of GMO components in foods

Обозначение	Название таргетного участка	Фрагмент (bp)	Ссылка
RBCL	Ribulose-1,5-biphosphate carboxylaseoxygenase	95	[21]
Специфичные растительные таксоны			
LEC	Lectin gene of soybean ( <i>Glycine max</i> L.)	81	[22]
ADH	Alcohol dehydrogenase I gene from maize ( <i>Zea mays</i> L.)	83	[21]
CRU	Cruciferin gene from oilseed rape ( <i>Brassica napus</i> )	85	[21]
PLD	Phospholipase D gene from rice ( <i>Oryza sativa</i> )	80	[21]
SAD1	Stearoyl-acyl carrier protein desaturase gene of cotton ( <i>Gossypium</i> genus)	107	[23]
GLU3	Glutamine synthetase gene from sugar beet ( <i>Beta vulgaris</i> )	118	[8]
Специализированные генетические элементы			
p35S	Promoter of the 35 S cauliflower mosaic virus	75	[7]

tNOS	Terminator of the nopaline synthase gene	69	[7]
pFMV	Promoter of the figworth mosaic virus	79	[24]
pNOS	Promoter of the nopaline synthase gene	75	[24]
t35S	Terminator of the cauliflower mosaic virus	107	[20]
Специфичные ГМО-элементы			
<i>cryIAb/Ac</i>	Gene encoding the <i>Bacillus thuringiensis</i> $\delta$ -endotoxin (insect resistance)	73	[20]
<i>cry3Bb</i>	Gene encoding the <i>Bacillus thuringiensis</i> $\delta$ -endotoxin (insect resistance)	105	[20]
<i>pat</i>	Phosphinotricin- <i>N</i> -acetyltransferases gene from <i>Streptomyces viridochromogenes</i>	109	[20]
<i>bar</i>	Phosphinotricin- <i>N</i> -acetyltransferases gene from <i>Streptomyces hygrosopicus</i>	69	[20]
<i>epsps</i>	5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase gene from <i>Agrobacterium tumefaciens</i> strain CP4	108	[20]
CRT	Reverse transcriptase gene from the cauliflower mosaic virus	94	[20]

### Новые способы получения ГМО и связанные с этим проблемы

Пока разработка ГМО идет по пути генетических модификаций путем вставки генетической конструкции из промоутера, целевого гена и терминатора текущие подходы имеют практический смысл, но молекулярно-генетические методы продолжают развиваться и появляются новые способы получения ГМО. Стейкинг генов представляет собой новую проблему для лабораторий по обнаружению ГМО.

В последние годы биотехнологи начали использовать методы редактирования генома, такие как ODM (мутагенез, направленный на олигонуклеотиды), CRISPR/Cas (группированные, регулярно расположенные, короткие палиндромные повторы/CRISPR-ассоциированный белок), TALEN (подобная активатору транскрипции эффекторная нуклеаза) и ZFN (нуклеаза цинковых пальцев), для изменения характеристик организмов, важных для производства продуктов питания и кормов. В настоящее время в Северной Америке коммерциализированы два растения с отредактированным геномом: устойчивый к гербицидам сорт канолы [25] и сорт соевых бобов с модифицированным составом масла [26].

Также нет никакой нормативной базы в отношении сельскохозяйственных культур с отредактированным геномом и даже нет четкого определения для их обозначения и разделения. Отличие от классических видов ГМО заключается в том, что в данном случае встраивается не генетическая конструкция, а редактируется существующий геном. Соответственно, стратегия по обнаружению разных вариантов промоутеров, целевых вставок или терминаторов не имеет никакого смысла. Несмотря на коммерциализацию двух вышеупомянутых культур с отредактированным геномом, США даже не обозначили позицию в отношении регулирования методов редактирования генома. Европейский суд постановил [28], что культуры, модифицированные путем направленного мутагенеза, подпадают под действие Директивы 2001/18/ЕС о выбросе ГМО в окружающую среду [29]. На практике это означает, что сельскохозяйственные культуры с отредактированным геномом регулируются в соответствии с этой Директивой как обычные ГМО [29].

Один из аргументов, выдвигаемых в оправдание регулирования сельскохозяйственных культур с отредактированным геномом, отличного от регулирования ГМО на основе рекомбинантной ДНК, заключается в том, что Директива 2001/18/ЕС требует надзор за ГМО на основе анализа, в то время как методов их идентификации не разработано. Разработка методов аналитической идентификации и количественного определения растений с отредактированным геномом представляется сложным или даже невозможным [30,31,32,33,35,36], однако эти утверждения противоречивы [27,34].

Хочется сделать уточнение, что разработка методов обнаружения зарегистрированных ГМО представляется возможной, когда известны их последовательность и место редактирования генома, соответственно, известно, что нужно искать и что можно к этому региону разработать набор праймеров. Но совершенно иначе стоит вопрос, если редактирование генома не зарегистрировано. В прошлом товары проверялись на наличие несанкционированных ГМО с использованием тестов, которые обнаруживают общие элементы последовательности. Обнаружение растений с

отредактированным геномом – сложная процедура, поскольку они не несут этих общих последовательностей, поэтому неавторизованные культуры с отредактированным геномом не могут быть обнаружены с помощью этих широких методов скрининга [35]. Следует отметить, что это ограничение не относится исключительно к продуктам с отредактированным геномом. Как подробно обсуждалось в отчете ENGL [35] и в других источниках [37,38], нетрудно, используя даже методы рекомбинантной ДНК, разработать ГМО, свободные от общих элементов последовательности. Следовательно, многие такие ГМО были коммерциализированы, вполне возможно, что даже сейчас на рынке есть неутвержденные ГМО, которые не были обнаружены, потому что они не несут никаких общих последовательностей. Таким образом, несанкционированные продукты с отредактированным геномом представляют собой лишь один новый класс несанкционированных генетически модифицированных продуктов, которые не могут быть обнаружены с помощью существующей стратегии скрининга.

#### **Возможные методы обнаружения новых видов ГМО**

Возможным вариантом решения проблемы является разработка и обучение программы с элементами искусственного интеллекта к редактированию генома растений. При применении данного метода предполагаются особенно впечатляющие перспективы. Например, подразделение Microsoft — Microsoft Research — разработало алгоритмическое приложение Elevation, которое оказалось способным предсказывать неэффективные замены в человеческом геноме при попытках его редактирования: это позволяет предсказать оптимальные места редактирования участков ДНК и проектирования РНК-носителей для редактирования CRISPR. Этот алгоритм превзошел по эффективности другие алгоритмы CRISPR, при создании которых использовали глубокое обучение.

Создание программы с элементами искусственного интеллекта и ее обучение с помощью известных последовательностей ДНК растений и известных вариантов редактирования генома позволит анализировать результаты полногеномного скрининга или целевых участков у растений или животных. Предполагается дальнейшая активная разработка данного метода исследований при обнаружении ГМО в отделе токсикологии и генетики в ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека».

#### **Участие ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека» в разработке новых методов обнаружения ГМО**

ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека» на протяжении ряда лет разрабатывает новые методы обнаружения ГМО:

1. Методические рекомендации (МР) «Методы идентификации и количественного определения ГМ-кукурузы MON87403, DP4114, MON87411 и ГМ-сои MON87751»;
2. Методические рекомендации (МР) «Методы идентификации и количественного определения ГМ-кукурузы MON87419, MON87427 и ГМ-рапса MS11»;
3. Методические рекомендации (МР) «Методы идентификации и количественного определения ГМ-сои GMB151 и ГМ-рапса DP-073496-4».

Настоящие МР содержат описание методов идентификации и количественного определения событиеспецифичной рекомбинантной ДНК, характерной для уникальных трансформационных событий ГМ-кукурузы MON87403, DP4114, MON87411 и ГМ-сои MON87751, ГМ-кукурузы MON87419, MON87427 и ГМ-рапса MS11, ГМ-сои GMB151 и ГМ-рапса DP-073496-4, ГМ-сои GMB151 и ГМ-рапса DP-073496-4 (ГМ-специфичной ДНК).

Данные методы, основанные на полимеразной цепной реакции в режиме реального времени (далее – ПЦР-РВ) по технологии TaqMan, могут быть использованы для контроля за ГМО в пищевых продуктах, а также в сырье (семена, зерна и другой материал растительного происхождения). Интерпретация результатов ПЦР-РВ и расчет содержания ГМО основаны на применении относительного анализа по двум калибровочным кривым. МР могут применяться при контроле растительного сырья и пищевых продуктов на наличие ГМО на этапах гигиенической экспертизы, государственной регистрации, закупки, ввоза и реализации в Российской Федерации. МР предназначены для органов и организаций Роспотребнадзора, осуществляющих контроль за качеством и безопасностью продовольственного сырья и пищевых продуктов, в том числе импортируемых в Российскую Федерацию, а также могут быть использованы организациями, аккредитованными в установленном порядке на проведение исследований продовольственного сырья, пищевых продуктов.

Метод выявления компонентов ГМО, не зарегистрированных в Российской Федерации, основан на использовании ПЦР-РВ. Интерпретация результатов ПЦР-РВ и расчет содержания ГМО базируется на применении относительного анализа по двум калибровочным кривым. Идентификация и количественное определение ГМО методом относительного анализа по двум калибровочным кривым включает использование двух независимых систем ПЦР-РВ (реакций, проводимых в отдельных пробирках), каждая из которых имеет специфичные ДНК-праймеры и флуоресцентно-меченные зонды:

- одна ПЦР-система выявляет последовательность области ДНК, специфичной для соответствующего трансформационного события (ГМ-специфичная ДНК);
- другая ПЦР-система выявляет последовательность области ДНК, специфичной для соответствующего вида растения (таксон-специфичная ДНК).

Предел обнаружения метода составляет не менее 0,03% в 200 нг ДНК сои; предел количественного определения метода составляет не менее 0,08% в 200 нг ДНК сои.

Полученные в ходе испытания данные (кривые накопления флуоресцентного сигнала) анализируют по каждому каналу детекции (FAM, JOE) для каждой реакции с использованием программного обеспечения прибора. Результаты интерпретируют на основании наличия (или отсутствия) пересечения кривой флуоресценции с установленной на соответствующем уровне пороговой линией на графике зависимости интенсивности флуоресценции от количества циклов, что соответствует значению порогового цикла  $C_t$  для каждой реакции. Калибровочная кривая представляет собой линию линейной регрессии зависимости пороговых циклов  $C_t$  калибровочных точек от значений логарифма количества копий генома сои в растворах, которая может быть построена с помощью электронных таблиц или непосредственно в программном обеспечении прибора. По полученным калибровочным кривым путем линейной интерполяции рассчитывается количество копий ГМ-специфичной

ДНК и таксон-специфичной ДНК в анализируемых пробах. Содержание трансформационного события в пробе представляет собой отношение количества копий ГМ-специфичной ДНК к количеству копий таксон-специфичной ДНК, выраженное в процентах. Расчет производят по формуле:

$$\text{ГМО, \%} = \frac{\text{Количество ГМ – специфичной ДНК}}{\text{Количество таксон – специфичной ДНК}} \times 100$$

Перед началом количественного анализа результатов по каналу FAM для каждой реакции определяется значение порогового цикла Ct. Затем для каждой реакции рассчитывается значение  $\Delta Ct$ , равное величине абсолютной разницы между двумя значениями пороговых циклов, определенных для каждого калибровочного раствора в двух параллельных реакциях амплификации ГМ- и таксон-специфичной ДНК соответственно.

Для построения калибровочной кривой используются точки на координатной плоскости, образованные значениями  $\Delta Ct$  и десятичного логарифма процентного содержания ГМ-специфичной ДНК. Значения десятичного логарифма процентного содержания ГМ-специфичной ДНК в калибровочных растворах откладываются по оси абсцисс (x), а соответствующие им значения  $\Delta Ct$  по оси ординат (y). К построенной калибровочной кривой рассчитывается уравнение линейной регрессии ( $y=ax+b$ , где a – коэффициент наклона, b – коэффициент сдвига), и строится линия линейной регрессии, по которой определяют процентное содержание ГМ-специфичной ДНК в анализируемых пробах путем линейной интерполяции и последующего потенцирования.

#### Список литературы:

1. James C. Global status of commercialized biotech/GM crops: 2011. Executive summary. ISAAA Brief 43.
2. Holst-Jensen A. Testing for genetically modified organisms (GMOs): past, present and future perspectives. *Biotechnology Advances*. 2009;27(6):1071–1082.
3. Zhang D, Guo J. The development and standardization of testing methods for genetically modified organisms and their derived products. *Journal of Integrative Plant Biology*. 2011;53(7):539–551.
4. Dong W, Yang L, Shen K, et al. GMDD: a database of GMO detection methods. *BMC Bioinformatics*. 2008;9, article 260
5. Miraglia M, Berdal KG, Brera C, et al. Detection and traceability of genetically modified organisms in the food production chain. *Food and Chemical Toxicology*. 2004;42(7):1157–1180.
6. Holst-Jensen A, De Loose M, Van Den Eede G. Coherence between legal requirements and approaches for detection of genetically modified organisms (GMOs) and their derived products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2006;54(8):2799–2809.

7. Barbau-Piednoir E, Lievens A, Mbongolo-Mbella G, et al. SYBR Green qPCR screening methods for the presence of “35S promoter” and “NOS terminator” elements in food and feed products. *European Food Research and Technology*. 2010;230(3):383–393.
8. European Union Reference Laboratory for GM Food and Feed. Event-specific method for the quantification of sugar beet line H7-1 using Real-time PCR: protocol. 2006;(CRLVL28/04VP)
9. Odell JT, Nagy F, Chua NH. Identification of DNA sequences required for activity of the cauliflower mosaic virus 35S promoter. *Nature*. 1985;313(6005):810–812.
10. Depicker A, Stachel S, Dhaese P. Nopaline synthase: transcript mapping and DNA sequence. *Journal of Molecular and Applied Genetics*. 1982;1(6):561–573.
11. Agbios. [http://www.cera-gmc.org/?action=gm\\_crop\\_database&](http://www.cera-gmc.org/?action=gm_crop_database&).
12. GMO Compass. <http://www.gmo-compass.org/eng/home/>
13. Sanger M, Daubert S, Goodman RM. Characteristics of a strong promoter from figwort mosaic virus: comparison with the analogous 35S promoter from cauliflower mosaic virus and the regulated mannopine synthase promoter. *Plant Molecular Biology*. 1990;14(3):433–443.
14. McElroy D, Zhang W, Cao J, Wu R. Isolation of an efficient actin promoter for use in rice transformation. *The Plant Cell*. 1990;2(2):163–171.
15. Christensen AH, Sharrock RA, Quail PH. Maize polyubiquitin genes: structure, thermal perturbation of expression and transcript splicing, and promoter activity following transfer to protoplasts by electroporation. *Plant Molecular Biology*. 1992;18(4):675–689.
16. Gonsalves D. Transgenic papaya in Hawaii and beyond. *AgBioForum*. 2004;7(1-2):36–40.
17. Acciarri N, Vitelli G, Arpaia S, Mennella G, Sunseri F, Rotino GL. Transgenic resistance to the Colorado potato beetle in Bt-expressing eggplant fields. *HortScience*. 2000;35(4):722–725.
18. Koehorst-van Putten HJJ, Sudarmonowati E, Herman M, et al. Field testing and exploitation of genetically modified cassava with low-amylose or amylose-free starch in Indonesia. *Transgenic Research*. 2012;21(1):39–50.
19. Sriroth K, Piyachomkwan K, Santisopasri V, Oates CG. Environmental conditions during root development: drought constraint on cassava starch quality. *Euphytica*. 2001;120(1):95–101.]
20. Barbau-Piednoir E, Lievens A, Vandermassen E, et al. Four new SYBR Green qPCR screening methods for the detection of Roundup Ready ,LibertyLink , and CryIAb traits in genetically modified products. *European Food Research and Technology*. 2012;234(1):13–23.
21. MbongoloMbella EG, Lievens A, Barbau-Piednoir E, et al. SYBR Green qPCR methods for detection of endogenous reference genes in commodity crops: a step ahead in combinatory screening of genetically modified crops in food and feed products. *European Food Research and Technology*. 2011;232(3):485–496.
22. Vaitilingom M, Pijnenburg H, Gendre F, Brignon P. Real-time quantitative PCR detection of genetically modified maximizer maize and roundup ready soybean in some representative foods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1999;47(12):5261–5266.]
23. Yang L, Chen J, Huang C, et al. Validation of a cotton-specific gene, Sad1, used as an endogenous reference gene in qualitative and real-time quantitative PCR detection of transgenic cottons. *The Plant Cell Reports*. 2005;24(4):237–245.

24. Broeders S, Barbau-Piednoir E, Vandermassen E, Debode F, Mazzara M, Roosens N. New SYBRGreen methods targeting promoter sequences used for screening of several GM events pending for authorisation in Europe. submitted.
25. Anon Cibus—Value-Enhancing Traits for Globally Accepted Crops. [(accessed on 16 May 2020)]. Available online: <https://cibus.com/crops.php>
26. Anon Products Calyxt. [(accessed on 16 May 2020)]. Available online: <https://calyxt.com/our-products/>
27. Duensing N., Sprink T., Parrott W.A., Fedorova M., Lema M.A., Wolt J.D., Bartsch D. Novel Features and Considerations for ERA and Regulation of Crops Produced by Genome Editing. *Front. Bioeng. Biotechnol.* 2018;6:79. doi: 10.3389/fbioe.2018.00079.
28. European Court of Justice C-528/16-Judgement of 25 July 2018 on New Mutagenesis Techniques. [(accessed on 16 May 2020)]. Available online: <http://curia.europa.eu/juris/document/document.jsf?text=&docid=204387&pageIndex=0&dclang=EN&mode=lst&dir=&occ=first&part=1&cid=138460>
29. Commission Declaration Directive 2001/18/EC of the European Parliament and of the Council of 12 March 2001 on the deliberate release into the environment of genetically modified organisms and repealing Council Directive 90/220/EEC. *Off. J. Eur. Communities.* 2001;L106:39.
30. Scientific Advice Mechanism of the European Commission A Scientific Perspective on the Regulatory Status of Products Derived from Gene Editing and the Implications for the GMO Directive. [(accessed on 19 January 2020)]. Available online: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/a9100d3c-4930-11e9-a8ed-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-94584603>
31. Advisory Committee on Releases to the Environment Advice on a Plant Breeding Technique Involving Oligo-Directed Mutagenesis: RTDSTM. [(accessed on 16 May 2020)]; Available online: [https://www1.health.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/Content/8884A10B0BA5CF42CA2580B10016087D/\\$File/Cibus%20-%203.pdf](https://www1.health.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/Content/8884A10B0BA5CF42CA2580B10016087D/$File/Cibus%20-%203.pdf)
32. Advisory Committee on Releases to the Environment ACRE Advice: New Techniques Used in Plant Breeding. [(accessed on 10 May 2020)]; Available online: [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/239542/new-techniques-used-in-plant-breeding.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/239542/new-techniques-used-in-plant-breeding.pdf)
33. Broeders S.R.M., Keersmaecker S.C., Roosens N.H.C. How to Deal with the Upcoming Challenges in GMO Detection in Food and Feed. *J. Biomed. Biotechnol.* 2012;2012:1–11. doi: 10.1155/2012/402418.
34. Bertheau Y. Reference Module in Food Science, Encyclopedia of Food Chemistry. Elsevier; Amsterdam, The Netherlands: 2019. New Breeding Techniques: Detection and Identification of the Techniques and Derived Products; pp. 320–336.
35. European Network of GMO Laboratories Detection of Food and Feed Plant Products Obtained by New Mutagenesis Techniques. [(accessed on 16 May 2020)]. Available online: <https://gmo-crl.jrc.ec.europa.eu/doc/JRC116289-GE-report-ENGL.pdf>

36. Grohmann L., Keilwagen J., Duensing N., Dagand E., Hartung F., Wilhelm R., Bendiek J., Sprink T. Detection and Identification of Genome Editing in Plants: Challenges and Opportunities. *Front. Plant Sci.* 2019;10:236. doi: 10.3389/fpls.2019.00236.
37. Holst-Jensen A., Bertheau Y., Alnutt T., Broll H., de Loose M., Grohmann L., Henry C., Hougs H., Moens W., Morisset D., et al. Overview on the Detection, Interpretation and Reporting on the Presence of Unauthorised Genetically Modified Materials: Guidance Document from the European Network of GMO Laboratories (ENGL) Publications Office of the European Union; Luxembourg: 2011. [GoogleScholar]
38. Holst-Jensen A., Bertheau Y., De Loose M., Grohmann L., Hamels S., Hougs L., Morisset D., Pecoraro S., Pla M., Bulcke M.V.D., et al. Detecting un-authorized genetically modified organisms (GMOs) and derived materials. *Biotechnol. Adv.* 2012; 30:1318–1335. doi: 10.1016/j.biotechadv.2012.01.024. [PubMed] [CrossRef] [GoogleScholar]

Поступила/Received: 02.06.2022

Принята в печать/Accepted: 08.06.2022

УДК 614.446.1:578.834.1

## АНАЛИЗ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ РЕАКЦИЙ НА НОШЕНИЕ МАСОК В ПАНДЕМИЮ COVID-19 У РАБОТНИКОВ ТРАНСПОРТА

Шашина Е.А.<sup>1</sup>, Смирнова Т.М.<sup>2</sup>, Белова Е.В.<sup>1</sup>, Жернов Ю.В.<sup>1</sup>, Ходыкина Т.М.<sup>1</sup>, Макарова В.В.<sup>1</sup>, Исютина-Федоткова Т.С.<sup>1</sup>, Заброта Н.Н.<sup>1</sup>, Елисеев Н.К.<sup>1</sup>, Крутько В.Н.<sup>2</sup>, Митрохин О.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия

<sup>2</sup> ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук, Москва, Россия

*Целесообразность использования масок во время пандемии COVID-19 не вызывает сомнений. Однако ношение масок в течение рабочего дня может привести к побочным реакциям. Работники транспорта подвержены риску заражения коронавирусом. Изучение возможных неблагоприятных реакций на ношение маски, выявление факторов, влияющих на их появление у данной профессиональной группы, является актуальным и малоизученным вопросом. Целью настоящего исследования явился анализ субъективных реакций на ношение масок работниками транспорта в зависимости от вида и режима ношения.*

**Материалы и методы.** Был проведен опрос среди 4732 работников транспорта по разработанному сотрудниками Сеченовского Университета анкетам.

**Результаты.** Работники использовали три вида масок: медицинские (55,6%), хлопчатобумажные (11,9%) и неопределенные (30,4%). Ношение маски было некомфортным для 57,0% респондентов. Рабочие предъявляли жалобы на гипергидроз лица (65,5% опрошенных), дискомфорт при дыхании (48,9%), гиперемия, зуд и шелушение кожи лица (26,5%), головную боль (21,3%), чихание и слезотечение (13,0%), гнойно-воспалительные заболевания кожи лица (11,5%). Частота и выраженность всех изучаемых реакций зависели от материала используемой маски ( $p < 0,05$ ) и продолжительности ношения ( $p < 0,05$ ). Все неблагоприятные реакции были достоверно более выражены у рабочих с хроническими кожными заболеваниями. Выявлена слабая отрицательная корреляция между побочными реакциями и возрастом пользователей, их связь с полом не установлена.

**Выводы.** Медицинские маски вызывают меньше побочных реакций. Лица с хроническими кожными заболеваниями чаще жалуются на реакции, связанные с ношением маски. Побочные реакции реже встречаются и менее выражены, а комфортность выше при ношении маски не более 3 часов.

**Ключевые слова:** медицинская маска, неопределенная маска, хлопчатобумажная маска, реакции на ношение маски, лицевой гипергидроз, чувство нехватки воздуха, пандемия, анкетирование, работники транспорта.

**Для цитирования:** Шашина Е.А., Смирнова Т.М., Белова Е.В., Жернов Ю.В., Ходыкина Т.М., Макарова В.В., Исютина-Федоткова Т.С., Заброта Н.Н., Елисеев Н.К., Крутько В.Н.,

Митрохин О.В. Анализ неблагоприятных реакций на ношение масок в пандемию COVID-19 у работников транспорта. *Медицина труда и экология человека*. 2022;2:19-36.

**Для корреспонденции:** Шашина Екатерина Андреевна, кандидат медицинских наук, доцент, доцент кафедры общей гигиены института общественного здоровья им. Ф.Ф. Эрисмана Сеченовского Университета; e-mail: shashina\_e\_a@staff.sechenov.ru.

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

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

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2022-10202>

## ANALYSIS OF ADVERSE REACTIONS TO FACE MASK WEARING BY TRANSPORT WORKERS DURING THE COVID-19 PANDEMIC

Shashina E.A.<sup>1</sup>, Smirnova T.M.<sup>2</sup>, Belova E.V.<sup>1</sup>, Zhernov Y.V.<sup>1</sup>, Khodykina T.M.<sup>1</sup>, Makarova V.V.<sup>1</sup>, Isiutina-Fedotkova T.S.<sup>1</sup>, Zabroda N.N.<sup>1</sup>, Eliseev N.K.<sup>1</sup>, Krut'ko V.N.<sup>2</sup>, Mitrokhin O.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia

<sup>2</sup>Federal Research Center «Computer Science and Control» of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

**Introduction.** *The expediency of mask wearing during the COVID-19 pandemic is beyond doubt. However, mask wearing during working day can lead to unfavorable reactions. Transport workers are at risk of coronavirus infection. The study of possible adverse reactions to mask wearing, identifying the factors of their occurrence in this professional group is a relevant and little-studied topic.*

*The aim of this study was to analyze subjective reactions to mask wearing by transport workers during the pandemic depending on mask type and wearing regime.*

**Material and methods.** *A cross-sectional study was conducted among transport workers using a questionnaire method. The questionnaire was developed by the Sechenov University staff.*

**Results.** *A total of 4732 workers used three types of face masks: medical (55.58%), cotton (11.90%), and neoprene (30.43%). Mask wearing was uncomfortable for 57.0% of respondents. The workers complained of facial hyperhidrosis (65.5% of respondents), breathing discomfort (48.9%), redness and peeling of the face skin (26.5%), headache (21.3%), sneezing and lacrimation (13.0%), and acne and folliculitis (11.5%). The frequency and severity of all studied reactions depended on the used mask material ( $p < 0.05$ ) and wearing duration ( $p < 0.05$ ). All studied reactions were significantly more pronounced in workers with chronic skin diseases. A weak negative correlation was found between adverse reactions and the age of users, their relationship with gender was not revealed. Medical masks cause fewer adverse reactions. Persons with chronic skin diseases often complain of adverse reactions. The adverse reactions are less frequent and pronounced; comfort is higher when wearing a mask for 3 hours.*

**Keywords:** *face mask, neoprene mask, cotton mask, medical mask, skin reactions, facial hyperhidrosis, breathing discomfort, pandemic, questionnaire, transport worker*

**Citation:** Shashina E.A., Smirnova T.M., Belova E.V., Zhernov Y.V., Khodykina T.M., Makarova V.V., Isiutina-Fedotkova T.S., Zabroda N.N., Eliseev N.K., Krut'ko V.N., Mitrokhin O.V. Analysis of adverse reactions to face mask wearing by transport workers during the COVID-19 pandemic. *Occupational health and human ecology*. 2022;2:19-36.

**Correspondence:** Ekaterina A. Shashina, Candidate of Medicine, Associate Professor of General Hygiene Department of the Sechenov University; e-mail: shashina\_e\_a@staff.sechenov.ru

**Financing:** the study had no financial support.

**Conflict of interest:** the authors declare no conflict of interest.

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2022-10202>

Целесообразность использования масок в период пандемии не вызывает сомнений. По данным разных авторов, ношение масок снижает риск заражения и увеличивает вероятность контроля передачи вируса SARS-CoV-2 [1, 2, 3]. Эксперты ВОЗ рекомендуют населению и лицам немедицинских профессий использовать тканевые и нетканые маски, содержащие 3 слоя материала [4]. В России населением используются чаще всего трехслойные маски, изготовленные из спанбонд/мельтблауна, двухслойные хлопчатобумажные и однослойные неопреновые маски [5, 6]. Однако регулярное ношение масок в течение рабочего дня на протяжении более двух лет может повлечь неблагоприятные реакции, как со стороны кожных покровов [7, 8, 9], глаз [10], так и со стороны сердечно-сосудистой, нервной и дыхательной систем [9, 11, 12, 13, 14]. Данные реакции могут быть обусловлены рядом причин: химическим составом и воздухопроницаемостью материала, из которого изготовлена маска; пренебрежением рекомендациями по ношению масок [1, 2]; наличием хронических заболеваний кожи и других систем организма и многими другими факторами.

Работники транспорта подвержены риску заражения коронавирусом, поскольку вынуждены контактировать с большим числом людей, нередко инфицированных, прибывших из регионов, где массовая вакцинация еще не проведена, возможность соблюдения социальной дистанции либо ограничена, либо отсутствует [15]. Изучение факторов, влияющих на возникновение неблагоприятных реакций на ношение масок, и разработка рекомендаций по предупреждению их появления является актуальным и малоизученным вопросом.

**Целью** настоящего исследования явился анализ субъективных реакций на ношение масок работниками транспорта в период пандемии в зависимости от вида и режима ношения маски.

**Материалы и методы.** Проведено поперечное исследование среди работников транспорта, для которых ношение масок во время пандемии COVID-19 являлось обязательным. Использовался метод анкетирования. Анкета была разработана сотрудниками кафедры общей гигиены Первого Московского государственного медицинского университета им. И.М. Сеченова и включала вопросы о видах используемых масок и режиме их ношения, реакциях на их использование, условиях труда. Респондентами оценивались частота и выраженность местных (гипергидроз лица; гиперемия, шелушение,

зуд и раздражение кожи лица; гнойно-воспалительные заболевания кожи) и общих проявлений (чувство нехватки воздуха, головная боль, чихание и слезотечение), а также комфортность ношения. Для оценки частоты появления реакций использовалась шкала от 0 до 5 баллов: 0 баллов – реакция никогда не проявляется, 1 балл – реакция проявляется очень редко, 2 – иногда, 3 – часто, 4 – очень часто, 5 – всегда. Степень выраженности реакций оценивалась по следующей шкале: 0 баллов – реакции нет, 1 – реакция очень слабо выражена, 2 – реакция слабо выражена, 3 – реакция средне выражена, 4 – реакция очень выраженная, 5 – реакция максимально выражена. Для оценки степени комфортности при ношении использовалась шкала от 1 до 5 баллов: 1 балл – некомфортно, 2 – низкая комфортность, 3 – средняя комфортность, 4 – комфортность выше среднего, 5 – максимальная комфортность. Анонимное анкетирование проводилось с использованием бумажных и электронных носителей среди работников транспорта в разных регионах Российской Федерации в сентябре 2021 года.

Анализ результатов выполнен с помощью пакета STATISTICA 12. Поскольку распределение балльных оценок каждого показателя неблагоприятных реакций на ношение маски не соответствовало нормальному, для анализа использовались ранговые методы. Был составлен ранжированный ряд из балльных оценок и рассчитан средний ранг для каждого признака. Использовались ранговый коэффициент корреляции Кендалла ( $\tau$ ), критерий хи-квадрат ( $\chi^2$ ), критерий Крускала-Уоллиса, критерий Манна-Уитни. Критическое значение уровня значимости ( $p$ ) при проверке статистических гипотез принималось за  $p < 0,05$ .

#### **Результаты.**

В данной работе приведены результаты анализа субъективных реакций на ношение масок работниками транспорта в период пандемии в зависимости от вида и режима ношения маски. Результаты анализа зависимости частоты и выраженности реакций от условий труда будут представлены в последующей статье.

В анкетировании приняли участие 4732 работника транспорта в возрасте от 18 до 76 лет ( $39,75 \pm 10,13$ ), в основном мужчины ( $n=3419$ ; 72,25%), работающие большей частью в Южном, Приволжском и Дальневосточном федеральных округах России (суммарно  $n=3912$ ; 82,67%). У большинства респондентов на момент опроса отсутствовали острые и хронические заболевания кожных покровов ( $n=4501$ ; 95,12%).

Все опрошенные работники носили маски в течение рабочего дня. Использовались три вида масок (рис. 1): «медицинские» – нетканые (спанбонд/мельтблаун), трехслойные одноразовые маски с носовым зажимом, заушными резинками, без клапана выдоха; «хлопковые» – тканые (хлопок) двухслойные многоразовые маски без носового зажима, с заушными резинками, без клапана выдоха; «неопреновые» – нетканые (хлоропреновый каучук) однослойные многоразовые маски без носового зажима, с заушными петлями, без клапана выдоха.



Медицинские маски



Хлопковые маски



Неопреновые маски

Рис. 1. Виды изучаемых масок

Figure 1. Types of masks studied

В основном работники носили медицинские маски (55,58%), около трети опрошенных – неопреновые (30,43%), меньшая часть – хлопчатобумажные маски (11,90%). Большая часть респондентов носила одну маску до 3 часов (80,26%), однако были работники, которые носили маску до 4–5 (7,76%), 6–8 (4,12%) и даже более 8 часов (2,16%). Правильно носили маску, закрывая рот и нос, только 69,84% опрошенных; однако 14,48% респондентов зарывали маской только рот, 13,31% – часто сдвигали маску под подбородок из-за дискомфорта.

Были проанализированы субъективные ощущения респондентов во время ношения масок в течение рабочего дня за период с марта 2020 года по сентябрь 2021 года. Результаты анализа балльной оценки неблагоприятных реакций, которую давали респонденты по их частоте и степени выраженности, а также общей комфортности ношения представлены в таблице 1.

Таблица 1

**Распределение субъективных оценок респондентов частоты и степени выраженности реакций и комфортности ношения маски**

Table 1

**Distribution of respondents' subjective assessments of the frequency and severity of reactions and the comfort of mask wearing**

Показатель	Баллы						
	0	1	2	3	4	5	Не указано
	Доля респондентов, давших балльную оценку, %						
Частота случаев лицевого гипергидроза	9,4	9,3	13,8	16,2	14,4	34,9	2,0
гиперемии, шелушения, раздражения кожи лица	38,7	18,2	12,3	10,8	6,8	8,9	4,3
гнойно-воспалительных заболеваний кожи лица	67,6	9,6	6,0	4,4	3,0	4,1	5,3
чувства нехватки воздуха	20,9	12,7	14,4	14,6	13,0	21,3	3,1
головной боли	52,5	13,1	8,3	8,7	6,0	6,6	4,8
чихания, слезотечения	62,0	13,4	7,1	6,3	2,6	4,1	4,5

<b>Выраженность лицевого гипергидроза</b>	10,6	10,3	14,4	16,3	14,1	32,0	2,3
<b>гиперемии, шелушения, раздражения кожи лица</b>	40,5	17,1	13,2	10,7	6,1	7,2	5,2
<b>гнойно-воспалительных заболеваний кожи лица</b>	65,4	10,4	6,5	4,8	3,1	3,7	6,1
<b>чувства нехватки воздуха</b>	23,3	13,3	14,4	13,3	12,7	19,1	3,9
<b>головной боли</b>	52,8	13,9	8,5	8,0	5,7	5,7	5,4
<b>чихания, слезотечения</b>	61,3	14,2	6,8	5,2	3,3	3,9	5,3
<b>Степень комфортности при ношении маски во время работы</b>		34,5	22,5	27,1	7,0	3,3	5,6

Наиболее частыми и выраженными реакциями на ношение масок (3 балла и более) были лицевой гипергидроз и чувство нехватки воздуха (65,5% и 48,9% респондентов соответственно); на втором месте – покраснение и шелушение кожи лица и головная боль, которую респонденты связывали с ношением масок (26,5 и 21,3% соответственно); реже всего респонденты отмечали появление чихания и слезотечения, а также гнойно-воспалительных заболеваний кожи лица в ответ на ношение маски (13,0% и 11,5% соответственно). Менее 40% респондентов отметили, что ношение маски было комфортным (от средней до максимальной степени комфортности).

Коэффициент корреляции Кендалла вычисляли для каждой пары показателей переносимости масок. Для всех пар коэффициент  $\tau$  достоверно отличался от 0,  $p < 0,05$ . Таким образом, все показатели реакций на ношение масок достоверно коррелировали друг с другом. Наблюдается обратная зависимость между степенью комфорта и остальными показателями (отрицательные коэффициенты корреляции Кендалла лежат в интервале от -0,134 до -0,256). То есть с ростом субъективных оценок частоты или выраженности любой из исследованных реакций снижалась субъективная оценка по шкале общей комфортности. Очень высокие коэффициенты корреляции между показателями частоты и выраженности каждого из исследованных неблагоприятных эффектов (соответствующие коэффициенты корреляции лежат в интервале от 0,807 до 0,870) показывают, что между субъективными оценками частоты и выраженности каждого типа реакций имеется сильная прямая связь. Возможно, это связано с тем, что величина физиологической реакции индивидуума на воздействие определенного внешнего фактора по параметрам, как частоты, так и выраженности, обусловлена одними и теми же функциональными резервами. Коэффициенты корреляции между показателями частоты и выраженности разных типов реакции на ношение масок были также достоверны и положительны, но значительно меньше по величине (от 0,229 до 0,473), чем для частоты и выраженности одного и того же типа реакции. Такой результат можно рассматривать как свидетельство относительной, но не абсолютной взаимосвязи между разными типами реакции на ношение масок.

Проведен анализ влияния различных факторов на частоту появления и степень выраженности неблагоприятных реакций: вид маски, продолжительность и способ ношения, наличие хронических заболеваний кожных покровов.

Влияние вида маски на появление неблагоприятных реакций на ношение представлено в таблице 2.

Таблица 2

**Оценка различий появления неблагоприятных реакций на ношение маски  
в зависимости от ее вида**

Table 2

**Assessment of differences in the occurrence of adverse reactions to mask  
wearing depending on its type**

Показатели неблагоприятных реакций на ношение маски	Виды масок <sup>1</sup>			Уровни значимости по критерию Крускала- Уоллиса	Уровни значимости по критерию $\chi^2$
	1	2	3		
	Средние ранги <sup>2</sup> (средние баллы)				
Частота случаев лицевого гипергидроза	2287,3 (3,25)	2069,4 (2,98)	2329,2 (3,31)	$p_{1-2} = 0,0013,$ $p_{2-3} = 0,0003$	0,0004
гиперемии, шелушения, раздражения кожи лица	2208,9 (1,48)	2228,5 (1,56)	2239,0 (1,60)	-	0,00001
гнойно-воспалительных заболеваний кожи лица	2148,3 (0,65)	2307,9 (0,84)	2247,4 (0,76)	$p_{1-2} = 0,0266,$ $p_{2-3} = 0,0266$	0,00001
чувства нехватки воздуха	2286,9 (2,56)	2092,8 (2,28)	2246,3 (2,50)	$p_{1-2} = 0,0048$	0,00001
головной боли	2156,4 (1,10)	2348,5 (1,34)	2259,2 (1,25)	$p_{1-2} = 0,0051,$ $p_{1-3} = 0,0491$	0,0020
чихания, слезотечения	2133,4 (0,70)	2363,6 (0,96)	2319,3 (0,94)	$p_{1-2} = 0,0005,$ $p_{1-3} = 0,00001$	0,00001
Выраженность лицевого гипергидроза	2276,9 (3,13)	2088,1 (2,88)	2330,6 (3,19)	$p_{1-2} = 0,0069,$ $p_{2-3} = 0,0008$	0,0001
гиперемии, шелушения, раздражения кожи лица	2204,0 (1,40)	2185,0 (1,42)	2208,1 (1,47)	-	0,00001
гнойно-воспалительных заболеваний кожи лица	2150,3 (0,69)	2273,4 (0,85)	2210,7 (0,75)	-	0,0004
чувства нехватки воздуха	2284,7 (2,44)	2132,0 (2,22)	2181,9 (2,29)	$p_{1-2} = 0,0384$	0,00001
головной боли	2155,7 (1,06)	2346,2 (1,28)	2228,5 (1,16)	$p_{1-2} = 0,0056$	0,0333
чихания, слезотечения	2130,2	2332,5	2288,7	$p_{1-2} = 0,0028,$	0,0001

	(0,72)	(0,91)	(0,91)	$p_{1-3} = 0,0006$	
<b>Степень комфортности при ношении маски во время работы</b>	2280,2 (2,26)	2157,4 (2,14)	2039,9 (2,06)	$p_{1-3} = 0,00001$	0,00001

<sup>1</sup> Вид маски: 1 – медицинская, 2 – хлопковая, 3 – неопределенная

<sup>2</sup> Приведены средние ранги по каждому показателю, использованные для расчета критерия Крускала-Уоллиса, в скобках даны средние баллы субъективной оценки респондентов

<sup>1</sup> Type of mask: 1 - medical, 2 - cotton, 3 - neoprene

<sup>2</sup> The average ranks for each indicator used to calculate the Kruskal-Wallis criterion are given, in parentheses are the average scores of the respondents' subjective assessment

Распределение всех показателей неблагоприятных реакций на ношение маски было неодинаковым для разных видов масок ( $p < 0,05$  по критерию  $\chi^2$ ). Парные сравнения средних рангов показывают, что среди изученных показателей нет ни одного, для которого бы все 3 вида масок достоверно различались. Сравнение масок по показателю комфортности показывало, что неопределенные маски переносятся достоверно хуже ( $p = 0,00001$ ), чем нетканые, а хлопчатобумажные маски не имеют достоверных различий ни с неткаными, ни с неопределенными.

При ношении хлопчатобумажных масок, по сравнению с неткаными и неопределенными, лицевой гипергидроз выражен достоверно реже ( $p = 0,0013$  и  $0,0003$  соответственно) и слабее ( $p = 0,0069$  и  $0,0008$  соответственно); однако чаще отмечаются гнойно-воспалительные заболевания кожи лица ( $p = 0,0266$  и  $0,0266$  соответственно); реже по сравнению с неткаными масками появляется чувство нехватки воздуха ( $p = 0,0048$ ). При ношении нетканых масок, по сравнению с хлопчатобумажными и неопределенными, чихание и слезотечение более выражены ( $p = 0,0028$  и  $0,0006$  соответственно) и чаще появляются ( $p = 0,0005$  и  $0,00001$ ); головная боль появляется реже ( $p = 0,0051$  и  $0,0491$  соответственно) и является менее выраженной (по сравнению с хлопчатобумажной маской,  $p = 0,0056$ ).

Проведен анализ зависимости частоты и выраженности неблагоприятных реакций от времени ношения. Результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3

Оценка различий появления неблагоприятных реакций при разной продолжительности ношения маски

Table 3

Assessment of differences in the occurrence of adverse reactions for different durations of mask wearing

Показатели неблагоприятных реакций на ношение маски	Время ношения, часы						Уровни значимости по критерию Крускала-Уоллиса
	1	2	3	4-5	6-8	>8	
	Средние ранги (средние баллы) <sup>1</sup>						
Частота случаев лицевого гипергидроза	2088,0 (3,03)	2188,2 (3,29)	2175,5 (3,27)	2238,3 (3,42)	2305,7 (3,37)	2511,8 (3,69)	$p_{1->8} = 0,0308$
гиперемии, шелушения, раздражения кожи лица	1998,9 (1,49)	2125,7 (1,54)	2201,9 (1,62)	2091,4 (1,49)	2101,1 (1,56)	2604,0 (2,38)	$p_{1-3} = 0,0389$ $p_{1->8} = 0,0001$ $p_{2->8} = 0,0028$ $p_{3->8} = 0,0327$ $p_{4-5->8} = 0,0043$ $p_{6-8->8} = 0,0186$
гнойно-воспалительных заболеваний кожи лица	2047,9 (0,72)	2118,4 (0,71)	2114,5 (0,73)	2061,3 (0,66)	2043,0 (0,79)	2607,6 (1,63)	$p_{1->8} = 0,0005$ $p_{2->8} = 0,0028$ $p_{3->8} = 0,0022$ $p_{4-5->8} = 0,0014$ $p_{6-8->8} = 0,0038$
чувства нехватки воздуха	2139,6 (2,51)	2161,6 (2,56)	2087,7 (2,45)	2290,3 (2,76)	2207,7 (2,62)	2594,5 (3,20)	$p_{1->8} = 0,0124$ $p_{2->8} = 0,0100$ $p_{3->8} = 0,0015$
головной боли	1999,0 (1,16)	2144,4 (1,25)	2083,9 (1,14)	2179,3 (1,28)	2061,0 (1,23)	2669,5 (2,20)	$p_{1->8} = 0,00001$ $p_{2->8} = 0,0004$ $p_{3->8} = 0,0001$ $p_{4-5->8} = 0,0064$ $p_{6-8->8} = 0,0011$
чихания, слезотечения	2081,2 (0,93)	2141,2 (0,83)	2101,3 (0,78)	2156,5 (0,81)	2060,0 (0,84)	2587,5 (1,69)	$p_{1->8} = 0,0031$ $p_{2->8} = 0,0072$ $p_{3->8} = 0,0031$ $p_{4-5->8} = 0,0345$ $p_{6-8->8} = 0,0107$

Выраженность лицевого гипергидроза	1962,7 (1,35)	2120,3 (1,46)	2180,6 (1,52)	2057,7 (1,39)	2011,0 (1,37)	2535,2 (2,15)	$p_{1-3} = 0,0172$ $p_{1->8} = 0,0004$ $p_{2->8} = 0,0072$ $p_{4-5->8} = 0,0099$ $p_{6-8->8} = 0,0102$
гиперемии, шелушения, раздражения кожи лица	2029,4 (0,77)	2110,4 (0,74)	2099,8 (0,75)	2043,1 (0,66)	1956,6 (0,68)	2527,0 (1,59)	$p_{1->8} = 0,0029$ $p_{2->8} = 0,0129$ $p_{3->8} = 0,0031$ $p_{4-5->8} = 0,0072$ $p_{6-8->8} = 0,0028$
гнойно-воспалительных заболеваний кожи лица	2110,6 (2,36)	2171,8 (2,45)	2077,8 (2,31)	2230,7 (2,55)	1960,8 (2,15)	2493,1 (2,95)	$p_{3->8} = 0,0232$ $p_{6-8->8} = 0,0091$
чувства нехватки воздуха	1942,6 (1,04)	2154,2 (1,22)	2066,0 (1,07)	2143,5 (1,18)	2042,8 (1,14)	2486,4 (1,93)	$p_{1-2} = 0,0069$ $p_{1->8} = 0,0007$ $p_{3->8} = 0,0153$
головной боли	2022,7 (0,87)	2126,3 (0,84)	2080,5 (0,78)	2142,0 (0,80)	2057,1 (0,84)	2594,7 (1,75)	$p_{1->8} = 0,0003$ $p_{2->8} = 0,0032$ $p_{3->8} = 0,0131$ $p_{4-5->8} = 0,0186$ $p_{6-8->8} = 0,0073$
Степень комфортности при ношении маски во время работы	1952,0 (2,12)	2085,4 (2,17)	2335,0 (2,41)	2118,6 (2,18)	1767,1 (1,92)	1599,6 (1,77)	$p_{1-3} = 0,00001$ $p_{2-3} = 0,00001$ $p_{2-6-8} = 0,0108$ $p_{2->8} = 0,0019$ $p_{3-6-8} = 0,00001$ $p_{3->8} = 0,00001$ $p_{4-5-6-8} = 0,0243$ $p_{4-5->8} = 0,0032$

<sup>1</sup> Приведены средние ранги по каждому показателю, использованные для расчета критерия Крускала-Уоллиса, в скобках даны средние баллы субъективной оценки респондентов

<sup>1</sup> The average ranks for each indicator used to calculate the Kruskal-Wallis test are given, in parentheses are the average scores of the respondents' subjective assessment

По всем показателям наихудшие значения имела группа респондентов, носивших маску 8 и более часов. Самая высокая комфортность была при ношении маски в течение 3 часов.

Проведен анализ связи между способом ношения маски и появлением неблагоприятных реакций (табл. 4).

Таблица 4

**Оценка различий появления неблагоприятных реакций  
при разных способах ношения маски**

Table 4

**Assessment of differences in the occurrence of adverse reactions  
in different ways of mask wearing**

Показатели неблагоприятных реакций на ношение маски	Способ ношения маски <sup>1</sup>			Уровни значимости по критерию Крускала-Уоллиса
	1	2	3	
	Средние ранги (средние баллы) <sup>2</sup>			
Частота случаев лицевого гиперидроза	2174,7 (3,11)	2426,3 (3,43)	2650,7 (3,69)	$p_{1-2} = 0,00001$ , $p_{1-3} = 0,00001$ , $p_{2-3} = 0,0064$
гиперемии, шелушения, раздражения кожи лица	2147,8 (1,41)	2254,6 (1,61)	2589,6 (2,09)	$p_{1-3} = 0,00001$ , $p_{2-3} = 0,0064$
гнойно-воспалительных заболеваний кожи лица	2139,0 (0,62)	2236,4 (0,81)	2485,7 (1,05)	$p_{1-3} = 0,00001$ , $p_{2-3} = 0,0017$
чувства нехватки воздуха	2103,1 (2,30)	2587,5 (3,00)	2678,7 (3,12)	$p_{1-2} = 0,00001$ , $p_{1-3} = 0,00001$
головной боли	2128,2 (1,04)	2356,7 (1,37)	2507,1 (1,68)	$p_{1-2} = 0,0001$ , $p_{1-3} = 0,00001$
чихания, слезотечения	2148,4 (0,70)	2349,0 (0,95)	2463,9 (1,19)	$p_{1-2} = 0,0008$ , $p_{1-3} = 0,00001$
Степень выраженности лицевого гиперидроза	2152,7 (2,97)	2473,5 (3,39)	2672,7 (3,63)	$p_{1-2} = 0,00001$ , $p_{1-3} = 0,00001$ , $p_{2-3} = 0,0192$
гиперемии, шелушения, раздражения кожи лица	2128,8 (1,32)	2240,2 (1,49)	2552,8 (1,99)	$p_{1-3} = 0,00001$ , $p_{2-3} = 0,00001$
гнойно-воспалительных заболеваний кожи лица	2113,1 (0,64)	2225,2 (0,80)	2496,8 (1,14)	$p_{1-3} = 0,00001$ , $p_{2-3} = 0,0005$
чувства нехватки воздуха	2084,9 (2,16)	2539,9 (2,83)	2680,5 (3,04)	$p_{1-2} = 0,00001$ , $p_{1-3} = 0,00001$
головной боли	2114,6 (0,99)	2340,9 (1,30)	2487,2 (1,61)	$p_{1-2} = 0,0001$ , $p_{1-3} = 0,00001$
чихания, слезотечения	2124,1 (0,70)	2321,8 (0,92)	2466,7 (1,21)	$p_{1-2} = 0,0009$ , $p_{1-3} = 0,00001$
Степень комфортности при ношении маски во время работы	2303,8 (2,27)	2085,4 (2,06)	1730,3 (1,77)	$p_{1-2} = 0,0002$ , $p_{1-3} = 0,00001$ , $p_{2-3} = 0,00001$

<sup>1</sup> Способ ношения маски: 1 – закрывает рот и нос, 2 – закрыт только рот, 3 – часто сдвинута на подбородок.

<sup>2</sup> Приведены средние ранги по каждому показателю, использованные для расчета критерия Крускала-Уоллиса, в скобках даны средние баллы субъективной оценки респондентов

<sup>1</sup> Way of mask wearing: 1 - covers the mouth and nose, 2 - only the mouth is closed, 3 - often shifted to the chin.

<sup>2</sup> The average ranks for each indicator used to calculate the Kruskal-Wallis criterion are given, in parentheses are the average scores of the respondents' subjective assessment

Появление неблагоприятных реакций по всем показателям достоверно связано со способом ношения маски. Полностью закрывают рот и нос работники, у кого слабее всех выражены нарушения здоровья и выше общая оценка комфортности, а наихудшие значения по всем показателям имеют те, кто часто сдвигает маску на подбородок.

Проведен анализ зависимости частоты и выраженности реакций от наличия хронических кожных заболеваний (табл. 5).

Таблица 5

**Оценка различий появления неблагоприятных реакций на ношение маски в зависимости от наличия/отсутствия хронических заболеваний кожных покровов**

Table 5

**Assessment of differences in the occurrence of adverse reactions to wearing a mask, depending on the presence / absence of chronic skin diseases**

Показатели неблагоприятных реакций на ношение маски	Хронические заболевания		Уровни значимости по критерию Манна-Уитни
	Нет	Есть	
	Средние ранги (средние баллы) <sup>1</sup>		
Частота случаев лицевого гипергидроза	2287,2 (3,22)	2690,9 (3,74)	p = 0,0001
гиперемии, шелушения, раздражения кожи лица	2225,0 (1,50)	2832,1 (2,42)	p = 0,00001
гнойно-воспалительных заболеваний кожи лица	2199,5 (0,68)	2873,1 (1,60)	p = 0,00001
Степень выраженности лицевого гипергидроза	2275,9 (3,09)	2809,6 (3,77)	p = 0,00001
гиперемии, шелушения, раздражения кожи лица	2201,1 (1,40)	2870,6 (2,36)	p = 0,00001
гнойно-воспалительных заболеваний кожи лица	2180,5 (0,70)	2864,2 (1,66)	p = 0,00001
Степень комфортности при ношении маски во время работы	2232,6 (2,18)	2000,6 (2,01)	p = 0,0172

<sup>1</sup> Приведены средние ранги по каждому показателю, использованные для расчета критерия Крускала-Уоллиса, в скобках даны средние баллы субъективной оценки респондентов

<sup>1</sup> The average ranks for each indicator used to calculate the Kruskal-Wallis test are given, in parentheses are the average scores of the respondents' subjective assessment

Доля работников, имеющих хронические заболевания кожных покровов, очень мала (3,61%), однако у них частота и выраженность всех исследованных нарушений здоровья достоверно выше, а общая комфортность ниже, чем у работников, не имеющих таких заболеваний.

Обнаружена слабая статически значимая обратная корреляционная связь частоты появления и степени выраженности отдельных неблагоприятных реакций с возрастом

пользователей: покраснение и шелушение кожи лица ( $\tau=-0,035$ ;  $p=0,0006$ ), гнойно-воспалительные заболевания кожи лица ( $\tau=-0,045$ ;  $p=0,00001$ ). При этом на субъективную оценку степени комфортности ношения маски возраст не оказывал влияния.

В данном исследовании мы не обнаружили достоверных связей между полом и реакциями на ношение масок. Однако влияние пола требует дальнейшего исследования с учетом профессиональной деятельности, поскольку соотношение мужчин и женщин резко неоднородно для разных профессий.

**Обсуждение.** Исследования реакций на ношение масок ранее в основном проводились среди медицинских работников и студентов. Медицинские работники в основном носят фильтрующие полумаски KN95 и хирургические маски (6,9% и 73,1% соответственно) [16]. Студенты-медики предпочитают одноразовые медицинские (89,1%) и многоразовые тканевые маски (27,4%) [5]. Среди работников транспорта также более популярны одноразовые медицинские маски (55,6%), однако на втором месте оказались однослойные неопреновые маски (30,4%), тканевые маски предпочли 11,9% опрошенных.

По данным Hajji A. с соавт., медицинские работники испытывают умеренный дискомфорт при ношении масок [17]. По нашим данным, 57,0% респондентов чувствуют дискомфорт при ношении маски (субъективная оценка в 1 и 2 балла). По данным Li Y. с соавт., хирургические маски субъективно воспринимались как более комфортные по сравнению с респираторами KN95 [11].

В ранее проведенных исследованиях распространенность головной боли, связанной с ношением масок в период пандемии, среди медицинских работников составила 30,9% [16] и 32,9% [17]. В нашем исследовании распространенность головной боли среди работников транспорта составила 21,3%. При этом была также обнаружена связь между продолжительностью рабочей смены более 8 часов с головной болью и усилением головной боли при работе более 12 часов в день [17]. Наличие головной боли ведет также к снижению концентрации внимания, что опасно для лиц любой профессии, в частности для изучаемой нами популяции работников транспорта.

По результатам настоящего исследования, наиболее частыми реакциями у работников транспорта были лицевой гипергидроз (65,3%) и чувство нехватки воздуха (48,9%). При анкетировании студентов из Польши потение кожи лица под маской отметили 21,3% опрошенных, а затруднение дыхания – 35,9% респондентов [9]. Вероятно, это можно объяснить разными условиями профессиональной деятельности студентов и работников транспорта.

По результатам опроса работников транспорта, распространенность кожных реакций (покраснение, шелушение, зуд, раздражение кожи лица), возникающих после ношения маски, составляет 26,5%. При опросе студентов было установлено, что наиболее часто молодые люди жалуются на такие реакции, связанные с ношением маски, как покраснение (57,1%), сухость (27,1%) и зуд кожных покровов (38,6%), а также появление высыпаний (61,4%) [18]. По результатам опроса 2307 молодых людей в Польше, 19,6% респондентов сообщали о появлении зуда при ношении маски. Причем лица, имеющие хронические кожные заболевания или проблемную кожу (атопический дерматит, акне или себорейный

дерматит), имели больший риск появления зуда в ответ на ношение маски (OR 1,29-1,92), тогда как системные заболевания не влияли на частоту появления данной реакции. Большинство опрошенных (64,5%) характеризовали зуд как умеренно интенсивный (4 балла по 10-балльной шкале) [7]. В нашем исследовании наличие хронических кожных заболеваний также статически значимо увеличивало частоту и выраженность появления всех кожных реакций и снижало комфортность ношения маски. Только 10,7% опрошенных охарактеризовали зуд как среднеинтенсивный, 30,3% – слабый и 13,3% – сильный.

К гнойно-воспалительным заболеваниям кожи, вызванным длительным ношением маски, относятся угревой механический и профессиональный дерматиты (раздражающий контактный дерматит и аллергический контактный дерматит). Ряд исследователей используют даже специальный термин – маскне [19, 20]. О наличии гнойно-воспалительных процессов на коже лица, связанных с ношением маски, сообщили относительно немного респондентов (11,3%). Данные реакции могут быть связаны не только с обострением хронических заболеваний кожных покровов, но также могут появляться у лиц со здоровой кожей вследствие сочетания таких факторов, как химический состав материала маски; контакт с заушными петлями и носовыми зажимами, полосой обтюрации (у респираторов); повышенное пото- и саловыделение находящихся под маской; локальное повышение температуры и влажности; изменение микрофлоры кожи; активация патогенной микрофлоры, наличие микроорганизмов на внутренней поверхности маски и в подмасочном пространстве, поступающих с выдыхаемым воздухом; загрязнение кожи лица при ненадлежащем снятии маски [19–23].

Наличие слабой корреляционной связи между возрастом и появлением неблагоприятных реакций на ношение, возможно, объясняется тем, что с возрастом приобретается опыт ухода за кожей или тем, что в более молодом возрасте кожа более восприимчива к внешним воздействиям.

**Заключение.** Для большинства пользователей ношение любой маски является дискомфортным. Наиболее частыми и выраженными неблагоприятными реакциями на ношение масок были лицевой гипергидроз и чувство нехватки воздуха, реже отмечались гиперемия, шелушение кожи лица и головная боль, которую респонденты связывали с ношением масок. Менее всего жалоб в связи с ношением маски было связано с появлением таких реакций, как чихание и слезотечение, а также гнойно-воспалительные заболевания кожи лица.

Исследования позволяют заключить, что неблагоприятные реакции, связанные с ношением маски, зависят от ее материала: неблагоприятные реакции на ношение масок, изготовленных из спанбонда и мейтблауна, встречаются реже среди опрошенных по сравнению с хлопчатобумажными и неопреновыми масками. Лица, имеющие хронические заболевания кожных покровов, чаще жалуются на неблагоприятные реакции, степень выраженности которых у них также выше. Реже и менее выражены реакции при ношении маски в течение 3 часов. Наличие более выраженных неблагоприятных реакций приводит к неправильному способу ношения маски, и как следствие, снижению эффективности ее использования.

**Список литературы:**

1. Talic S., Shah S., Wild H., Gasevic D., Maharaj A., Ademi Z., et al. Effectiveness of public health measures in reducing the incidence of covid-19, SARS-CoV-2 transmission, and covid-19 mortality: systematic review and meta-analysis. *BMJ*. 2021; 375: e068302. DOI:10.1136/bmj-2021-068302
2. Rader B.R., White L.F., Burns M.R., Chen J., Brilliant J., Cohen J., et al. Mask-wearing and control of SARS-CoV-2 transmission in the USA: a cross-sectional study. *Lancet Digit Health*. 2021; 3(3): e148–57. DOI:10.1016/S2589-7500(20)30293-4.
3. Bagheri G., Thiede B., Hejazi B., Schlenczek O., Bodenschatz E. An upper bound on one-to-one exposure to infectious human respiratory particles. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2021; 118(49): e2110117118. DOI:10.1073/pnas.2110117118.
4. World health organization. Face mask use in the context of COVID-19: Interim guidance, December 1, 2020; World health organization: Geneva, Switzerland, 2020. WHO reference number: WHO/2019-nCoV/IPC\_Masks/2020.5.
5. Shashina E.A., Makarova V.V., Shcherbakov D.V., Isiutina-Fedotkova T.S., Zabroda N.N., Ermakova N.A., et. al. Use of Respiratory Protection Devices by Medical Students During the COVID-19 Pandemic. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2021; 18: 5834. DOI:10.3390/ijerph18115834.
6. Шашина Е.А., Щербakov Д.В., Исютина-Федоткова Т.С., Макарова В.В., Сухов В.А., Митрохин О.В. Использование средств защиты органов дыхания населением во время пандемии COVID-19. *Здравоохранение Российской Федерации*. 2021;5(6):527–32. DOI:10.47470/0044-197X-2021-65-6-527-532.
7. Szepietowski J.C., Matusiak Ł., Szepietowska M., Krajewski P.K., Białynicki-Birula R. Face Mask-induced Itch: A Self-questionnaire Study of 2,315 Responders During the COVID-19 Pandemic. *Acta Derm Venereol*. 2020; 100(10): adv00152. DOI:10.2340/00015555-3536.
8. Hu K., Fan J., Li X., Gou X., Li X., Zhou X. The adverse skin reactions of health care workers using personal protective equipment for COVID-19. *Medicine*. 2020; 99(24): e20603. DOI:10.1097/MD.00000000000020603.
9. Matusiak Ł., Szepietowska M., Krajewski P., Białynicki-Birula Jacek R., Szepietowski C. Inconveniences due to the use of face masks during the COVID-19 pandemic: A survey study of 876 young people. *Dermatologic Therapy*. 2020; 33: e13567. DOI:10.1111/dth.13567.
10. Куроедов А.В., Завадский П.Ч., Брежнев А.Ю., Городничий В.В., Газизова И.Р., Селезнев А.В. и др. Влияние средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения на развитие и прогрессирование синдрома сухого глаза. *Офтальмология*. 2020; 17(3): 519–26. DOI:10.18008/1816-5095-2020-3-519-526.
11. Li Y., Tokura H., Guo Y.P., Wong A.S.W., Wong T., Chung J., Newton, E. Effects of wearing N95 and surgical facemasks on heart rate, thermal stress and subjective sensations. *Int. Arch. Occup. Environ. Health*. 2005; 78: 501. DOI:10.1007/s00420-004-0584-4.

12. Greenhalgh T., Schmid M.B., Czypionka T., Bassler D., Gruer L. Face masks for the public during the COVID-19 crisis. *Br. Med. J.* 2020; 369: m1435. DOI:10.1136/bmj.m1435.
13. Matusiak Ł., Szepietowska M., Krajewski P., Białynicki-Birula R., Szepietowski, J.C. The use of face masks during the COVID-19 pandemic in Poland: A survey study of 2315 young adults. *Dermatol. Ther.* 2020; 33: e13567. DOI:10.1111/dth.13909.
14. Scheid J.L., Lupien S.P., Ford G.S., West S.L. Commentary: Physiological and Psychological Impact of Face Mask Usage during the COVID-19 Pandemic. *Int J Environ Res Public Health.* 2020; 17(18): 6655. DOI:10.3390/ijerph17186655.
15. Belova E., Shashina E., Shcherbakov D., Zhernov Y., Sukhov V., Zabroda N.N., et al. Sanitary Aspects of Countering the Spread of COVID-19 in Russia. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2021; 18: 12456. DOI:10.3390/ijerph182312456.
16. Koseoglu Toksoy C., Demirbaş H., Bozkurt E., Acar H., Türk Börü, Ü. Headache related to mask use of healthcare workers in COVID-19 pandemic. *Korean J Pain.* 2021; 34(2): 241–5. DOI:10.3344/kjp.2021.34.2.241.
17. Hajjij A., Aasfara J., Khalis M., Ouhabi H., Benariba F.Jr., Kettani, C.El. Personal protective equipment and headaches: cross-sectional study among Moroccan healthcare workers during COVID-19 pandemic. *Cureus.* 2020; 12(12): e12047; DOI:10.7759/cureus.12047.
18. Mitrokhin O., Shashina E., Makarova V. Use of face masks by students of the medical university during covid-2019 pandemic, in Proceedings of the 3rd International Electronic Conference on Environmental Research and Public Health —Public Health Issues in the Context of the COVID-19 Pandemic, 11–25 January 2021, MDPI: Basel, Switzerland. DOI:10.3390/ECERPH-3-08988.
19. Gomolin T.A., Cline A., Russo M., Maskne: exacerbation or eruption of acneduring the COVID-19 pandemic. *SKIN J Cutaneous Med.* 2020; 4: 438–9. DOI:10.25251/skin.4.5.7.
20. Olisova O.Yu., Teplyuk N.P., Grekova E.V., Lepekhova. A.A. Dermatoses caused by facemask wearing during the COVID-19 pandemic. *J EADV.* 2021; 35: e699–e831. DOI:10.1111/jdv.17546.
21. Qian Y.U., Li, W., Yang L. A case of goggle-mask-related impetigo at the time of the COVID-19 pandemic. Running title: Goggle-mask-related impetigo. *Dermatol. Ther.* 2020; 33: e13636.
22. Han C., Shi J., Chen Y., Zhang Z. Increased flare of acne caused by long-time mask wearing during COVID-19 pandemic among general population. *Dermatol. Ther.* 2020; 29: e13704.
23. Atzori L., Ferreli C., Atzori M.G., Rongioletti F. COVID-19 and impact of personal protective equipment use: From occupational to generalized skin care need. *Dermatol. Ther.* 2020; 33: e13598. DOI:10.1111/dth.13598.

#### References:

1. Talic S., Shah S., Wild H., Gasevic D., Maharaj A., Ademi Z., et al. Effectiveness of public health measures in reducing the incidence of covid-19, SARS-CoV-2 transmission, and covid-19 mortality: systematic review and meta-analysis. *BMJ.* 2021; 375: e068302. DOI:10.1136/bmj-2021-068302

2. Rader B.R., White L.F., Burns M.R., Chen J., Brilliant J., Cohen J., et al. Mask-wearing and control of SARS-CoV-2 transmission in the USA: a cross-sectional study. *Lancet Digit Health*. 2021; 3(3): e148–57. DOI:10.1016/S2589-7500(20)30293-4.
3. Bagheri G., Thiede B., Hejazi B., Schlenczek O., Bodenschatz E. An upper bound on one-to-one exposure to infectious human respiratory particles. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2021; 118(49): e2110117118. DOI:10.1073/pnas.2110117118.
4. World health organization. Face mask use in the context of COVID-19: Interim guidance, December 1, 2020; World health organization: Geneva, Switzerland, 2020. WHO reference number: WHO/2019-nCoV/IPC\_Masks/2020.5.
5. Shashina E.A., Makarova V.V., Shcherbakov D.V., Isiutina-Fedotkova T.S., Zabroda N.N., Ermakova N.A., et. al. Use of Respiratory Protection Devices by Medical Students During the COVID-19 Pandemic. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2021; 18: 5834. DOI:10.3390/ijerph18115834.
6. Shashina E.A., Shcherbakov D.V., Isiutina-Fedotkova T.S., Makarova V.V., Sukhov V.A., Mitrokhin, O.V. The use of the respiratory protective devices by the population during the COVID-19 pandemic. *Zdravookhranenie Rossiiskoy Federatsii*. 2021; 65(6): 527–532. DOI:10.47470/0044-197X-2021-65-6-527-532
7. Szepietowski J.C., Matusiak Ł., Szepietowska M., Krajewski P.K., Białyński-Birula R. Face Mask-induced Itch: A Self-questionnaire Study of 2,315 Responders During the COVID-19 Pandemic. *Acta Derm Venereol*. 2020; 100(10): adv00152. DOI:10.2340/00015555-3536.
8. Hu K., Fan J., Li X., Gou X., Li X., Zhou X. The adverse skin reactions of health care workers using personal protective equipment for COVID-19. *Medicine*. 2020; 99(24): e20603. DOI:10.1097/MD.00000000000020603.
9. Matusiak Ł., Szepietowska M., Krajewski P., Białyński-Birula Jacek R., Szepietowski C. Inconveniences due to the use of face masks during the COVID-19 pandemic: A survey study of 876 young people. *Dermatologic Therapy*. 2020; 33: e13567. DOI:10.1111/dth.13567.
10. Kuroyedov, A.V.; Zavadski, P.C.; Brezhnev, A.Yu., Gorodnichij V.V., Gazizova I.R., Seleznev A.V., et al. Influence of Personal Respiratory and Visual Protective Equipment on the Development and Progression of Dry Eye Syndrome. *Ophthalmologiya*. 2020; 17(3): 519–26. DOI:10.18008/1816-5095-2020-3-519-526.
11. Li Y., Tokura H., Guo Y.P., Wong A.S.W., Wong T., Chung J., Newton, E. Effects of wearing N95 and surgical facemasks on heart rate, thermal stress and subjective sensations. *Int. Arch. Occup. Environ. Health*. 2005; 78: 501. DOI:10.1007/s00420-004-0584-4.
12. Greenhalgh T., Schmid M.B., Czypionka T., Bassler D., Gruer L. Face masks for the public during the COVID-19 crisis. *Br. Med. J*. 2020; 369: m1435. DOI:10.1136/bmj.m1435.
13. Matusiak Ł., Szepietowska M., Krajewski P., Białyński-Birula R., Szepietowski, J.C. The use of face masks during the COVID-19 pandemic in Poland: A survey study of 2315 young adults. *Dermatol. Ther*. 2020; 33: e13567. DOI:10.1111/dth.13909.
14. Scheid J.L., Lupien S.P., Ford G.S., West S.L. Commentary: Physiological and Psychological Impact of Face Mask Usage during the COVID-19 Pandemic. *Int J Environ Res Public Health*. 2020; 17(18): 6655. DOI:10.3390/ijerph17186655.

15. Belova E., Shashina E., Shcherbakov D., Zhernov Y., Sukhov V., Zabroda N.N., et al. Sanitary Aspects of Countering the Spread of COVID-19 in Russia. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2021; 18: 12456. DOI:10.3390/ijerph182312456.
16. Koseoglu Toksoy C., Demirbaş H., Bozkurt E., Acar H., Türk Börü, Ü. Headache related to mask use of healthcare workers in COVID-19 pandemic. *Korean J Pain*. 2021; 34(2): 241–5. DOI:10.3344/kjp.2021.34.2.241.
17. Hajjij A., Aasfara J., Khalis M., Ouhabi H., Benariba F.Jr., Kettani, C.El. Personal protective equipment and headaches: cross-sectional study among Moroccan healthcare workers during COVID-19 pandemic. *Cureus*. 2020; 12(12): e12047; DOI:10.7759/cureus.12047.
18. Mitrokhin O., Shashina E., Makarova V. Use of face masks by medical students during covid-2019 pandemic, in *Proceedings of the 3rd International Electronic Conference on Environmental Research and Public Health —Public Health Issues in the Context of the COVID-19 Pandemic, 11–25 January 2021*, MDPI: Basel, Switzerland. DOI:10.3390/ECERPH-3-08988.
19. Gomolin T.A., Cline A., Russo M., Maskne: exacerbation or eruption of acneduring the COVID-19 pandemic. *SKIN J Cutaneous Med*. 2020; 4: 438–9. DOI:10.25251/skin.4.5.7.
20. Olisova O.Yu., Teplyuk N.P., Grekova E.V., Lepekhova. A.A. Dermatoses caused by facemask wearing during the COVID-19 pandemic. *J EADV*. 2021; 35: e699–e831. DOI:10.1111/jdv.17546.
21. Qian Y.U., Li, W., Yang L. A case of goggle-mask-related impetigo at the time of the COVID-19 pandemic. Running title: Goggle-mask-related impetigo. *Dermatol.Ther*. 2020; 33: e13636.
22. Han C., Shi J., Chen Y., Zhang Z. Increased flare of acne caused by long-time mask wearing during COVID-19 pandemic among general population. *Dermatol.Ther*. 2020; 29: e13704.
23. Atzori L., Ferreli C., Atzori M.G., Rongioletti F. COVID-19 and impact of personal protective equipment use: From occupational to generalized skin care need. *Dermatol.Ther*. 2020; 33: e13598. DOI:10.1111/dth.13598

Поступила/Received: 30.03.2022

Принята в печать/Accepted: 25.04.2022

УДК 614.8.656.1:656.052.4

## АНАЛИЗ ПРИЧИН НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ У ВОДИТЕЛЕЙ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ

Шаповал И.В.<sup>1</sup>, Фагамова А.З.<sup>1</sup>, Каримова Л.К.<sup>1</sup>, Мулдашева Н.А.<sup>1</sup>, Бейгул Н.А.<sup>1</sup>, Ильина Л.А.<sup>1</sup>, Ларионова Э.А.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», Уфа, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет», Уфа, Россия

*Проблема сохранения здоровья водителей автотранспортных средств является актуальной, поскольку данная профессия занимает лидирующие позиции по количеству несчастных случаев на рабочем месте, как вследствие травм, так и от общих заболеваний. Тяжелые увечья, полученные водителями в результате травматизации на рабочем месте, ведут к временной утрате трудоспособности, инвалидизации и высокой смертности. Профессиональные водители значительно подвержены риску развития сердечно-сосудистых заболеваний и, как следствие, внезапной смерти.*

**Цель исследования** – изучить причины несчастных случаев на рабочем месте водителей автотранспортных средств и научно обосновать мероприятия, снижающие риск их возникновения.

**Материалы и методы исследования.** Проведен анализ материалов расследования несчастных случаев со смертельным исходом на рабочем месте водителей с 2016 по 2020 гг. на предприятиях и в организациях Республики Башкортостан, признанных при расследовании как связанные с производством (получение травм), так и не связанные (вследствие общего заболевания).

**Результаты.** Полученные результаты показали, что на предприятиях и в организациях Республики Башкортостан за 2016–2020 гг. с профессиональными водителями всего произошло 147 несчастных случаев, 77 из них – со смертельным исходом. Большинство скончавшихся водителей находились в возрастном диапазоне 30-39 и 50-59 лет. Среди несчастных случаев со смертельным исходом, связанных с производством, дорожно-транспортные происшествия составили 81,8%, при травмировании с тяжелым исходом этот показатель составил 41,4%. Естественная смерть профессиональных водителей в 98,0% случаев наступила от болезней системы кровообращения.

**Заключение.** Предложены мероприятия, реализация которых позволит снизить риск возникновения несчастных случаев со смертельным исходом на рабочем месте водителя.

**Ключевые слова:** несчастный случай; водители автотранспортных средств; внезапная смерть; производственная травма.

**Для цитирования:** Шаповал И.В., Фагамова А.З., Каримова Л.К., Мулдашева Н.А., Бейгул Н.А., Ильина Л.А., Ларионова Э.А. Анализ причин несчастных случаев у водителей автотранспортных средств на рабочем месте. Медицина труда и экология человека. 2022;2:37-49.

**Для корреспонденции:** Шаповал Инна Валерьевна, научный сотрудник отдела медицины труда ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», e-mail: shapoval-inna@mail.ru.

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

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2022-10203>

## ANALYSIS OF ACCIDENT CAUSES AT THE WORKPLACE OF MOTOR VEHICLE DRIVERS

Shapoval I.V.<sup>1</sup>, Fagamova A.Z.<sup>1</sup>, Karimova L.K.<sup>1</sup>, Muldasheva N.A.<sup>1</sup>, Beigul N.A.<sup>1</sup>, Ilyina L.A.<sup>1</sup>, Larionova E.A.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, Ufa, Russia

<sup>2</sup>Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russia

*The problem of motor vehicle drivers' health protection is of immediate interest, since this profession ranks first in the number of workplace accidents both due to injuries and general diseases. Severe injuries lead to partial or total disability, and high mortality. Professional drivers are significantly at risk of cardiovascular diseases progress and, as a result, sudden death.*

**The purpose of the study.** *To investigate causes of workplace accidents among motor vehicle drivers and scientific foundation of measures that reduce the risk of their occurrence.*

**The objects of the study.** *We analyzed investigation materials of workplace fatal accidents among drivers at enterprises and organizations of the Republic of Bashkortostan between 2016 and 2020, which were recognized during the investigation as work-related (injuries) and unrelated (due to a common disease).*

**Results.** *The results obtained showed that between 2016 and 2020 there were 147 accidents with professional drivers at enterprises and organizations of the Republic of Bashkortostan, 77 of them were fatal. Most of the deceased drivers were in the 30-39 and 50-59 years age range. Road accidents amounted for 81.8% of fatal work-related accidents and 41.4% for injuries with a severe outcome. Natural death of professional drivers in 98.0% of cases occurred from diseases of the circulatory system.*

**Conclusion.** *Preventive measures have been proposed. Their implementation will reduce the risk of fatal accidents at the drivers' workplace.*

**Keywords:** *accident; motor vehicle drivers; sudden death; work injury.*

**Citation:** Shapoval I.V., Fagamova A.Z., Karimova L.K., Muldasheva N.A., Beigul N.A., Ilyina L.A., Larionova E.A. Analysis of accident causes at the workplace of motor vehicle drivers. *Occupational health and human ecology.* 2022;2:37-49.

**Correspondence:** *Inna V. Shapoval, Researcher at the Department of Occupational Health of the Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, e-mail: shapoval-inna@mail.ru.*

**Financing:** *the study had no financial support.*

**Conflict of interest:** *the authors declare no conflict of interest.*

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2022-10203>

Профессия водителя автотранспортного средства во всем мире находится на лидирующей позиции по количеству несчастных случаев, возникающих на рабочем месте, и тяжести их последствий. В связи с этим сохранение здоровья и трудоспособности водителей является важной задачей на протяжении последних десятилетий, когда идет активное развитие автомобилестроения, применение техники на производстве, расширение транспортной инфраструктуры [1-3]. Во время движения автотранспортные средства являются источником повышенной опасности не только для здоровья и жизни непосредственно самого водителя, но и пассажиров, а также пешеходов. Кроме того, имеется опасность получения травм для водителя и при проведении технического обслуживания автотранспортного средства, его ремонта, погрузочно-разгрузочных работ. Травмы, полученные водителями на рабочем месте, часто приводят к длительной по срокам временной нетрудоспособности, инвалидности и высокой смертности [4-6].

Зарубежные и отечественные авторы отмечают, что водители автотранспортных средств гибнут чаще, чем работники других профессий [7, 8]. При этом самой частой причиной совершения дорожно-транспортного происшествия (ДТП) является утомление водителя, когда его внимание рассеивается, замедляется скорость реакции и, как следствие, снижается скорость реакции в ответ на сложные ситуации во время движения автотранспортного средства [9-12].

Многие авторы указывают на то, что водители автотранспортных средств имеют повышенный риск развития внезапной смерти, основным фактором риска возникновения которой являются, как правило, сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ), развивающиеся у водителей в результате переутомления на рабочем месте [13-20].

В связи с этим задача по изучению причин несчастных случаев, произошедших на рабочем месте водителя, является актуальной для разработки конкретных мероприятий по их предупреждению.

**Цель исследования** – изучить причины несчастных случаев на рабочем месте водителей автотранспортных средств и научно обосновать мероприятия, снижающие риск их возникновения.

**Материалы и методы исследования.** Анализ проведен по материалам расследования несчастных случаев на рабочем месте водителей за 2016-2020 гг. на предприятиях и в организациях Республики Башкортостан, признанных при расследовании как связанные с производством со смертельным и тяжелым исходом (в результате получения травм на рабочем месте при выполнении трудовых обязанностей), так и не связанные (вследствие общего заболевания со смертельным исходом, произошедшие во время выполнения трудовых обязанностей).

В ходе исследований был проанализирован каждый несчастный случай (смертельный и тяжелый) с водителями автотранспортных средств. Были изучены все возможные причины несчастных случаев. Обобщение несчастных случаев выполнено с учетом даты и времени, сезонности возникновения несчастного случая, возраста умершего или пострадавшего, результатов специальной оценки условий труда (СОУТ), наличия переработок, характера полученных повреждений при травмировании с тяжелым исходом (в соответствии со

справкой, выданной медицинской организацией) и причин смерти от общих заболеваний в соответствии с заключениями судебно-медицинской экспертизы. Статистическая обработка данных проводилась общепринятыми методами.<sup>1</sup>

**Результаты.** Всего за 2016–2020 гг. на предприятиях и в организациях Республики Башкортостан с водителями автотранспортных средств произошло 147 несчастных случаев, из них 44 случая - со смертельным исходом, которые квалифицировались при расследовании в соответствии с трудовым законодательством Российской Федерации<sup>2</sup> как не связанные с производством (смерть от общего заболевания); 33 – со смертельным исходом, как связанные с производством (смерть от травмы); 70 случаев травмирования, связанного с производством, с тяжелым исходом (рис. 1).

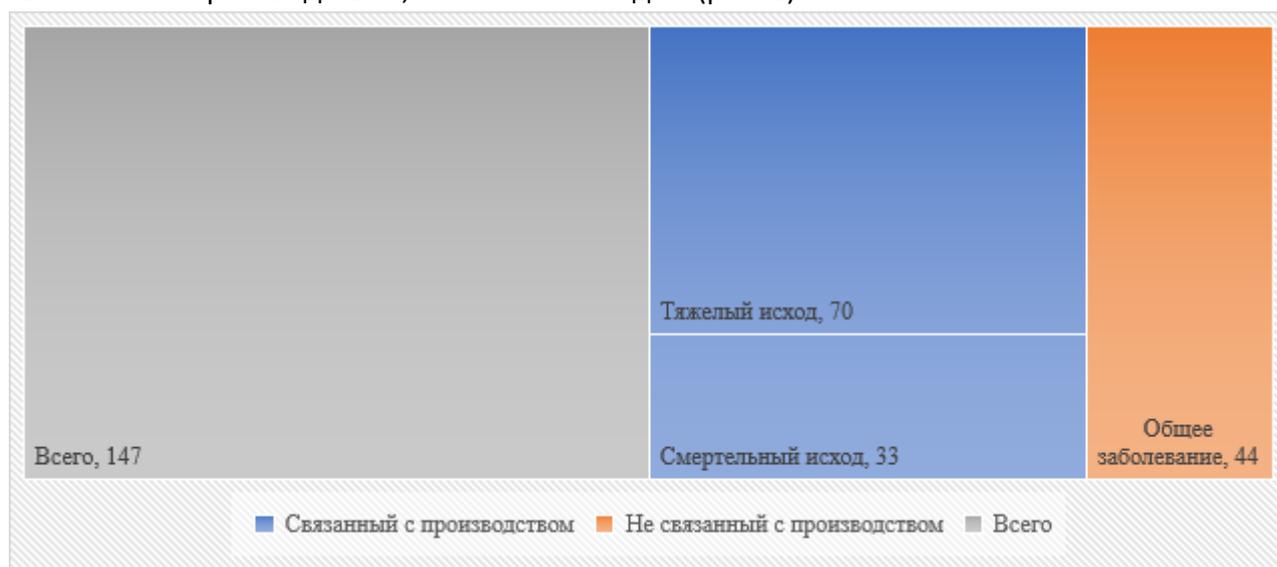


Рис. 1. Количество несчастных случаев, как связанных, так и не связанных с производством, на рабочем месте водителя автотранспортного средства по Республике Башкортостан за 2016-2020 гг., абс. ч.

Figure 1. The number of accidents, both work-related and unrelated at the workplace of a motor vehicle driver in the Republic of Bashkortostan between 2016 and 2020, abs. n.

При проведении анализа по возрастному признаку водителей автотранспортных средств установлено, что 47,5% погибших от травм на рабочем месте были в возрасте до 40 лет. Это могло быть связано с небольшим опытом работы, несоблюдением скоростного режима и, как следствие, привело к высокому уровню травматизма. 31,2% водителей погибли в возрасте 50-59 лет, что можно связать со снижением концентрации внимания, скорости реакции, нарушением функций органов зрения и слуха. Высокий уровень смертности в результате несчастных случаев, не связанных с производством, наблюдался у

<sup>1</sup> Медик В.А. и др. Статистика в медицине и биологии. В 2 томах. Том 1. Теоретическая статистика. Том 2. Прикладная статистика здоровья / В.А. Медик, М.С. Токмачев, Б.Б. Фишман. – М.: Медицина. Т.1 – 2000. –412 с., ил., Т.2 – 2001–352 с.

<sup>2</sup> Кодекс РФ от 30.12.2001 № 197-ФЗ «Трудовой кодекс Российской Федерации (с изменениями на 25 февраля 2022 года) (редакция, действующая с 1 марта 2022 года)» (статьи 227, 229.2).

водителей старше 50 лет (79,6%) и мог быть связан с возрастными изменениями в состоянии здоровья, приведшими к смертельному исходу (рис. 2).

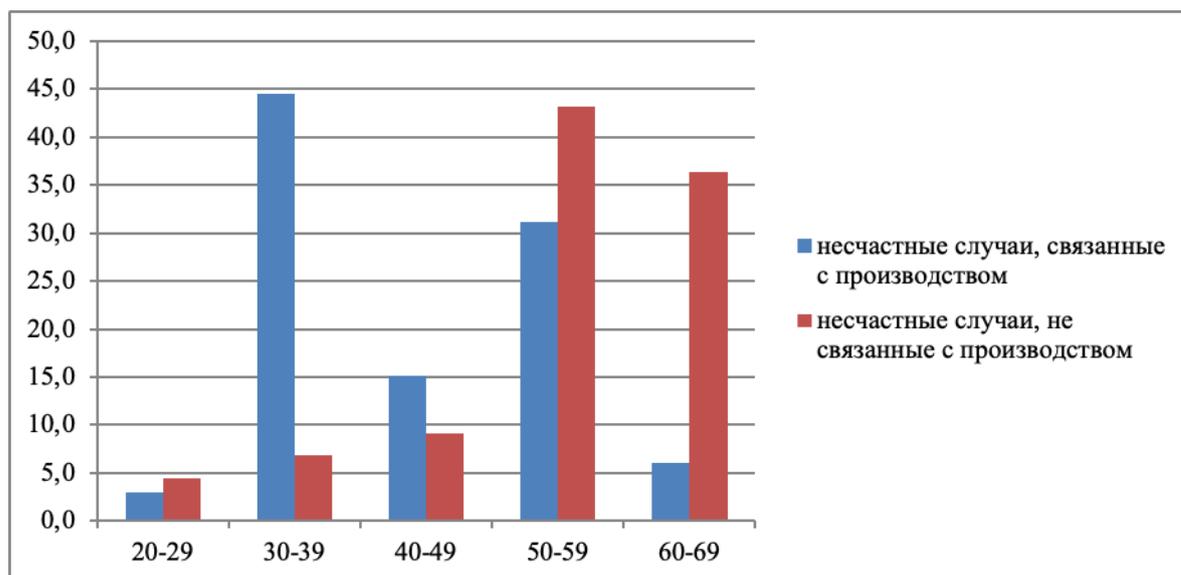


Рис. 2. Удельный вес несчастных случаев, как связанных, так и не связанных с производством, на рабочем месте водителя автотранспортного средства в отдельных возрастных группах по Республике Башкортостан за 2016-2020 гг., %

Figure 2. The proportion of accidents, both work-related and unrelated at the workplace of a motor vehicle driver in certain age groups in the Republic of Bashkortostan between 2016 and 2020, %

Из общего количества произошедших с водителями несчастных случаев со смертельным исходом, связанных с производством, дорожно-транспортные происшествия составили 81,8%, при травмировании с тяжелым исходом этот показатель составил 41,4%.

Кроме того, несчастные случаи со смертельным исходом на рабочем месте водителя происходили при участии в ремонтных работах автотранспортных средств, их осмотре, проведении разгрузки и погрузки (18,2%); травмы с тяжелым исходом при этом регистрировались в 58,6% случаев.

Проведенный анализ показал, что ДТП с участием легковых транспортных средств (ТС) произошли в 16,1%, грузовых автомобилей – в 26,8%. Более половины ДТП (57,1%) зарегистрировано среди водителей малотоннажных грузовиков, возможно, ввиду того что водители этих ТС, в отличие от водителей легковых автомобилей, чаще отправляются в длительные поездки в одиночку и проводят больше времени за рулем.

Первое ранговое место среди причин несчастных случаев со смертельным исходом, связанных с производством, за изучаемый период занимали нарушения правил дорожного движения (48,3%); на втором месте - причины, квалифицированные по материалам расследования несчастных случаев как прочие (14,6%); на третьем месте - неудовлетворительная организация производства работ (11,7%); недостатки в организации и проведении подготовки работников по охране труда и нарушение требований безопасности

при эксплуатации транспортных средств встречались в 10,7%; нарушение требований безопасности при эксплуатации транспортных средств – в 3,9%; на иные причины, такие как конструктивные недостатки и недостаточная надежность машин, механизмов, оборудования, нарушение технологического процесса, эксплуатация неисправных машин, механизмов, оборудования и нарушение работником трудового распорядка и дисциплины труда, пришлось по 2,7%.

В структуре видов несчастных случаев со смертельным исходом, связанных с производством, на транспортные происшествия приходилось 75,8%, на воздействие движущихся, разлетающихся, вращающихся предметов, деталей машин – 15,2%, на падение пострадавшего с высоты – 6,1%, на утопление и погружение в воду – 2,9%.

Происшествия с тяжелым исходом, связанные с производством, по видам имеют следующую структуру: 41,4% - транспортные происшествия, 22,9% - падение пострадавшего с высоты, 18,6% - воздействие движущихся, разлетающихся, вращающихся предметов, деталей машин и т.д., попадание инородного предмета в тело человека, воздействие дыма, огня и пламени, воздействие других неклассифицированных травмирующих факторов – по 1,4%.

На рисунке 3 представлено распределение случаев по видам происшествий. Как видно из приведенных данных, смерть и тяжелое травмирование водителей в связи с производством в подавляющем числе случаев наступали в результате транспортных происшествий. В 20,0% случаев вместе с водителем в ТС находились пассажиры, получившие легкие травмы в результате ДТП.

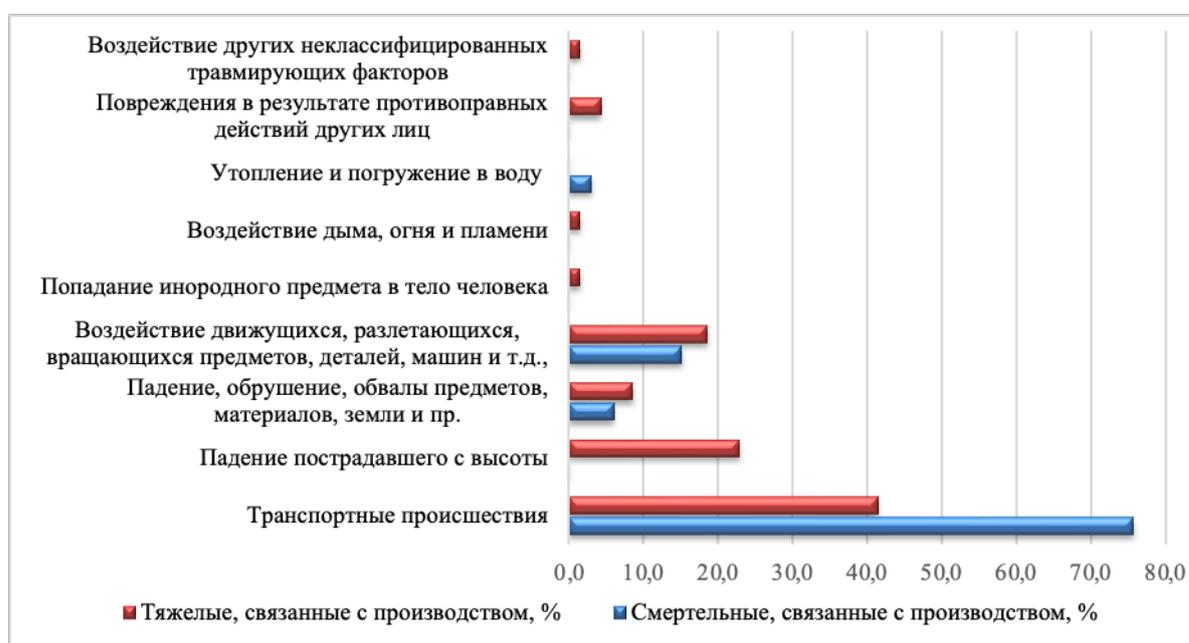


Рис. 3. Удельный вес несчастных случаев со смертельными и тяжелыми исходами, связанных с производством, на рабочем месте водителя автотранспортного средства по виду происшествия, %  
Figure 3. The proportion of work-related accidents with fatal and severe outcomes at the workplace of a motor vehicle driver according to an accident type, %

Распределение получивших производственную травму водителей по стажу показало, что половина из них имела стаж вождения до трех лет (рис. 4). Возможно, дефицит навыков вождения сыграл решающую роль в возникновении дорожно-транспортных происшествий.

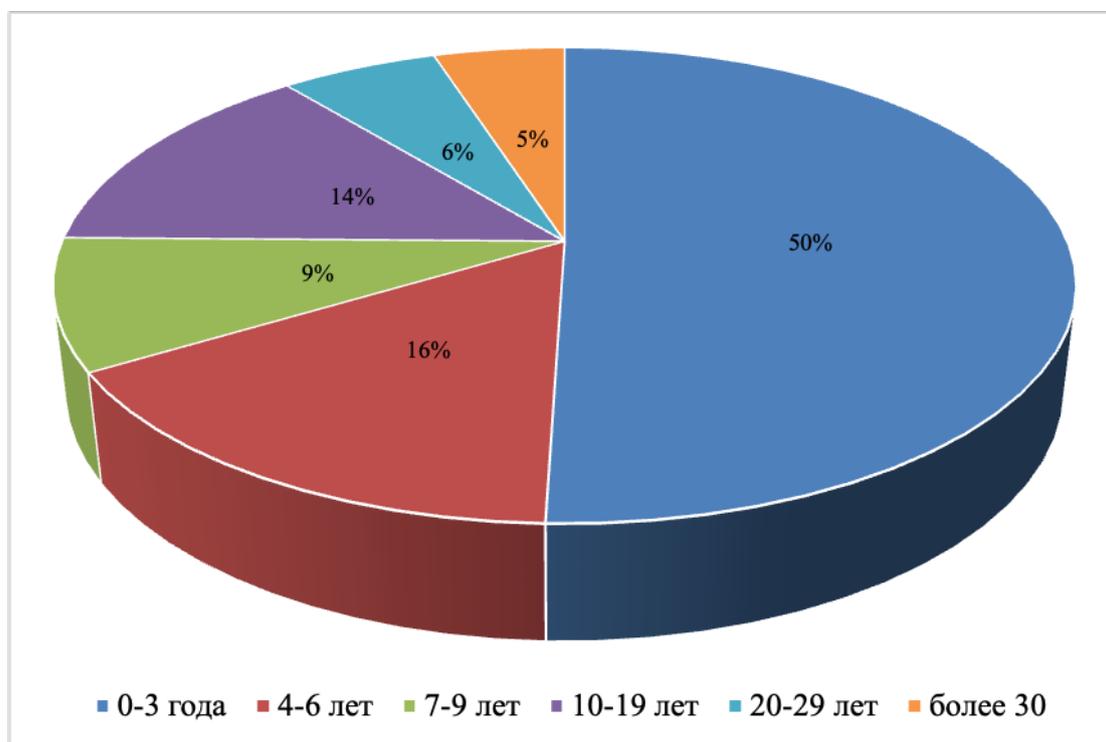


Рис. 4. Удельный вес несчастных случаев, связанных с производством, на рабочем месте водителя автотранспортного средства по стажу, %

Figure 4. The proportion of work-related accident at the workplace of a motor vehicle driver according to his length of service, %

Установлено, что анализ несчастных случаев, связанных с производством, не выявил выраженных закономерностей по сезонности, а также времени суток. Однако можно предположить, что комбинация факторов оказывала влияние на факт возникновения аварии. Так, четвертая часть травм (25,0%) произошла в ночное время в осенне-зимний период, характеризующийся неблагоприятными погодными условиями, например, такими как осадки в виде дождя и снега, гололед.

Большая часть ДТП (91,3%) произошла за чертой города, на трассе с асфальтированным покрытием. Вероятной причиной могло стать несоблюдение скоростного режима участниками дорожного движения.

При сопоставлении даты, времени и места происшествия с данными Башкирского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды установлено, что в летнее время в условиях изнуряющей жары, при температуре воздуха 31-37<sup>o</sup>C, способствующей быстрому развитию утомления и снижению концентрации внимания, произошло 7,1% от общего числа ДТП.

Большая часть случаев произошла в будние дни – 83,5%. Тем не менее особое внимание необходимо уделить утомляемости водителей, работающих без перерывов или

выходных дней. Отмечены случаи тяжелого и смертельного травмирования (8,0%), когда водителям не был обеспечен междусменный или еженедельный непрерывный отдых, а также осуществлялся отзыв на рабочее место в выходные и праздничные дни, что привело к наличию у них переработок.

В результате несчастных случаев на рабочем месте водителя, связанных с производством, больше половины погибших (60,6%) получили сочетанные, множественные травмы, захватывающие несколько областей тела; каждый пятый (18,2%) погиб от травмы головы. Тяжелое травмирование в 28,6% случаев было также связано с сочетанным повреждением, а в 25,7% - с травмой головы.

Поскольку вредные условия труда могли оказать влияние на состояние здоровья водителей автотранспортных средств, были проанализированы материалы СОУТ. Установлено, что в большинстве случаев (81,0%) условия труда водителей автотранспортных средств соответствовали допустимому 2 классу; во вредных условиях труда (3.1–3.3) работали 12,9%, отсутствовали данные об условиях труда у 6,1% работников.

Предрейсовыми медицинскими осмотрами были охвачены лишь 70,2% водителей.

За исследуемый период было зарегистрировано 44 случая смерти на рабочем месте водителя, не связанные с производством, от общего заболевания.

При анализе возрастного состава водителей, умерших на рабочем месте от общих заболеваний, установлено, что чаще всего погибали водители, находящиеся в возрастном диапазоне 50-59 лет включительно (43,2%). Установлено, что с возрастом частота внезапной смерти водителей на рабочем месте растет, причем после 40 лет – значительно. Средний возраст всех умерших от общих заболеваний работников составил 54 года.

При проведении анализа случаев внезапной смерти водителей по времени суток установлено, что наиболее часто случаи смерти регистрировались с 7 до 12 часов (44,9%) и с 13 до 18 часов (40,8%), то есть в утреннее и дневное время. В вечернее и ночное время зарегистрировано меньшее количество случаев внезапной смерти – 10,3% и 4,0% соответственно. Во временном диапазоне большая часть происшествий, связанных с производством, случилась с 6 до 12 часов и с 12 до 18 часов - 45,6 и 44,7% соответственно.

Значимых различий по частоте случаев внезапной смерти на рабочем месте по месяцам и дням недели за анализируемый период не было выявлено.

При анализе заключений судебно-медицинской экспертизы установлено, что наиболее распространенными причинами внезапной гибели водителей автотранспортных средств стали болезни системы кровообращения (98,0% случаев). Чаще регистрировались острые формы ИБС (I21, I22.8, I24.8), хронические формы ИБС (I25.1, I25.8) и цереброваскулярные болезни (I61, I63).

Отмечено, что с увеличением возраста водителей растет и частота внезапной смерти, которая существенно увеличивается в возрасте от 40 лет и старше. Средний возраст умерших водителей при этом составил 54 года.

**Обсуждения.** Установлено, что за исследуемый период на рабочем месте водителя наиболее часто регистрировались случаи гибели в возрастной категории до 40 лет и старше 50. При этом случаи смерти от травм и от общих заболеваний имеют свои особенности.

Так, от травм на рабочем месте водителей автотранспортных средств чаще погибали лица до 40 лет, что можно связать с небольшим опытом работы, несоблюдением скоростного режима вследствие излишней самоуверенности.

В несчастных случаях, не связанных с производством (от общего заболевания), чаще гибли водители старше 50 лет, что можно связать с возрастными изменениями в состоянии здоровья, которые и привели к смертельным исходам.

По результатам СОУТ установлено, что в большинстве случаев условия труда водителей автотранспортных средств соответствовали допустимому 2 классу. По мнению отдельных авторов, методика проведения СОУТ снизила число показателей, таких как эмоциональные, интеллектуальные нагрузки, режим рабочего времени, по которым оценивается напряженность трудового процесса, следствием стало снижение класса условий труда в сторону допустимых показателей [21]. Имеются случаи неверного проведения СОУТ из-за недостаточной квалификации экспертов, наличия приборов без государственной поверки, несоблюдение методики проведения измерений также влияет на ее результаты [22].

К сожалению, напряженность труда, наличие психоэмоциональных нагрузок, переработок, ответственности, которые в последующем могут являться факторами риска развития сердечно-сосудистых заболеваний и привести к внезапной смерти, не учитываются при установлении класса условий труда.

**Заключение.** Полученные данные диктуют необходимость разработки профилактических мероприятий для снижения числа несчастных случаев на производстве. На основании полученных результатов установлено, что вредные условия труда обуславливают риск травмирования на рабочих местах и внезапной смерти от общих заболеваний. Указанное определяет необходимость разработки профилактических мер, которые в основном являются общими для всех видов несчастных случаев и включают организационные, технические, санитарно-гигиенические и медицинские мероприятия.

К организационным мероприятиям относятся психофизиологический отбор при приеме на работу, оптимизация условий и организации труда; строгий контроль за соблюдением режимов труда и отдыха; организация комнаты психофизиологической разгрузки с выбором методов восстановления и сохранения работоспособности; повышение осведомленности работников о факторах риска на рабочем месте водителя автотранспортного средства; при организации междугородных перевозок длительностью более 12 часов в рейс должны направляться два водителя, а автомобиль необходимо оборудовать специальным местом для отдыха.

Постановлением Правительства РФ от 20 декабря 2019 года №1733 регламентируется допустимый период работы и отдыха для водителей грузовых автомобилей и автобусов. Соблюдение этих требований водителями возможно с применением специальных приложений со спутниковой системой ГЛОНАСС.

В Российской Федерации запущен национальный проект «Безопасные качественные дороги», который включает в себя улучшение качества дорожного полотна, нанесение разметки, установку освещения, «умные» системы контроля трафика. В результате

реализации проекта доля дорог, соответствующих нормативам по качеству, должна вырасти вдвое к 2030 году.

Необходима интеграция системы, которая осуществляет контроль за состоянием водителя и предупреждает об утомлении, сонливости, как следствие, нарушении внимания; внедрение системы предупреждения о выезде из полосы движения (LDWS), продвинутой системы экстренного торможения (AEBS), когда торможение применяется автоматически, если водитель не реагирует на приближающуюся опасность столкновения.

Профилактические мероприятия должны включать строгий контроль за техническим состоянием автомобильного транспорта, его своевременное обслуживание и ремонт.

Санитарно-гигиенические мероприятия предусматривают контроль за соблюдением требований гигиенических нормативов при эксплуатации автомобилей, включая проведение производственного контроля на рабочих местах водителей.

Медицинские мероприятия в обязательном порядке включают проведение как предрейсовых и послерейсовых, так и предварительных и периодических медосмотров.

Поскольку в большинстве случаев причиной смерти была внезапная сердечная смерть, необходимо обратить особое внимание на проведение мероприятий по снижению риска внезапной смерти на рабочем месте. При этом, помимо проведения медицинских осмотров, важную роль играет снабжение водителей переносными датчиками слежения за состоянием сердечно-сосудистой системы, которые оповещают об ухудшении состояния и позволяют своевременно принять меры для спасения жизни и здоровья.

Внедрение мероприятий позволит снизить риск возникновения несчастных случаев на рабочем месте водителей автотранспортных средств, как связанных с производством, так и не связанных с производством.

#### Список литературы:

1. Сорокин Г.А., Шилов В.В., Гребеньков С.В., Сухова Я.М. Оценка профессионально обусловленного и непрофессионального рисков нарушения здоровья водителей грузовых автомобилей. *Медицина труда и промышленная экология*. 2016;6:1-5.
2. Сувидова Т.А., Олещенко А.М., Кислицына В.В. Гигиеническая оценка условий труда и профессиональной заболеваемости работников автотранспортных предприятий. *Медицина труда и промышленная экология*. 2018;6:4-6. doi: 10.31089/1026-9428-2018-6-4-7.
3. Шпорт С.В., Летов К.Р., Белякова М.Ю. Психогигиена труда профессиональных водителей как фактор безопасности дорожного движения. *Психическое здоровье*. 2019;10:68-74. doi: 10.25557/2074-014X.2019.10.68-74.
4. Евтюков С.С., Голов Е.В., Коломеец А.А. Роль человеческого фактора при возникновении дорожно-транспортного происшествия. *Транспортное дело России*. 2019;2:196-9.
5. Евтюков С.А., Ефремов Б.Д. Снижение числа аварий на дорогах путем превентивного выявления агрессивных и неумелых водителей. *Инновации на транспорте и в*

- машиностроении. Сборник трудов IV международной научно-практической конференции. 2016: 46-8.
6. Евтюков С.С., Голов Е.В. Аудит безопасности дорожного движения на автомобильных дорогах регионального значения в Ленинградской области. *Транспорт Урала*. 2017;2(53):85-9.
  7. 18 опасных работ в мире: от пилота до подводного сварщика. Доступно по: <https://1gai.ru/publ/521497-18-samyh-opasnyh-rabot-vo-vsem-mire.html>
  8. Названы десять самых опасных профессий в России; 2018. Доступно по: <https://rg.ru/2018/06/16/nazvany-desiat-samyh-opasnyh-professij-v-rossii.html>
  9. Li MK, Yu JJ, Ma L, Zhang W. Modeling and mitigating fatigue-related accident risk of taxi drivers. *Accid Anal Prev*. 2019;123:79-87. doi: 10.1016/j.aap.2018.11.001.
  10. COMMISSION DELEGATED REGULATION (EU) .../... supplementing Regulation (EU) 2019/2144 of the European Parliament and of the Council by laying down detailed rules concerning the specific test procedures and technical requirements for the type-approval of motor vehicles with regard to their driver drowsiness and attention warning systems and amending Annex II to that Regulation; 2021. Доступно по: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=PI\\_COM%3AC%282021%292639&qid=1619762533684](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=PI_COM%3AC%282021%292639&qid=1619762533684)
  11. Сотрудники Госавтоинспекции предупреждают водителей об опасности управления транспортными средствами в состоянии утомления. Доступно по: <https://xn--90adear.xn--p1ai/r/04/news/item/23619105>.
  12. Допустимая норма концентрации алкоголя в крови в России – 0,3 промилле. Доступно по: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1739867/pdf/v057p00649.pdf>
  13. Missing 1-2 HoursofSleepDoublesCrashRisk; 2016. Доступно по: <https://newsroom.aaa.com/2016/12/missing-1-2-hours-sleep-doubles-crash-risk/>.
  14. Трошин В.В., Федотова И.В., Блинова Т.В., Морозова П.Н. Сердечно-сосудистые заболевания у водителей и безопасность дорожного движения. *Медицина труда и промышленная экология*. 2018;3:27-9.
  15. Margulescu AD, Anderson MH. A Review of Driving Restrictions in Patients at Risk of Syncope and Cardiac Arrhythmias Associated with Sudden Incapacity: Differing Global Approaches to Regulation and Risk. *ArrhythmElectrophysiol Rev*. 2019;8(2):90-98. doi: 10.15420/aer.2019.13.2.
  16. Lowman What Medical Conditions Can Lead To Auto Accidents? Доступно по: <https://www.lowmanlawfirm.com/blog/bid/101531/What-Medical-Conditions-Can-Lead-To-Auto-Accidents>.
  17. Chowdhury MEH, Alzoubi K, Khandakar A, Khallifa R, Abouhasera R, Koubaa S, et al. Wearable Real-Time Heart Attack Detection and Warning System to Reduce Road Accidents. *Sensors (Basel)*. 2019;19(12):2780. doi: 10.3390/s19122780.
  18. Parliament approves EU rules requiring life-saving technologies in vehicles; 2019. Доступно по: <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20190410IPR37528/parliament-approves-eu-rules-requiring-life-saving-technologies-in-vehicles>

19. General Safety Regulation: Overview of the approach for Driver Drowsiness and Attention Warning (DDAW); 2020. Доступно по: <https://circabc.europa.eu/sd/a/7f9912b5-e180-43ab-b9da-82ddfb1cde8a/20200701%20MVWG%20DDAW%20draft%20technical%20req.pdf>
20. Road safety technology: Driver drowsiness & attention warning systems; 2022. Доступно по: <https://www.independent.ie/storyplus/road-safety-technology-driver-drowsiness-and-attention-warning-systems-41225593.html>
21. Кондратьева О.Е., Кравченко М.В., Петрова А.А. Специальная оценка условий труда: недостатки методики проведения и пути совершенствования. *Медицина труда и промышленная экология*. 2006; 12:38-41.
22. Клинский институт охраны и условий труда подвел итоги первой «пятилетки» проведения СОУТ; 2019. Доступно по <https://www.kiout.ru/info/news/28722>

### References:

1. Sorokin G.A., Shilov V.V., Greben'kov S.V., SukhovaYa.M. Evaluation of occupationally conditioned and non-occupational risks of health disorders in truck drivers. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2016;6:1-5. (in Russian)
2. Suvidova T.A., Oleshchenko A.M., Kislitsyna V.V. Hygienic evaluation of work conditions and occupational morbidity of automobile transport workers. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2018;6:4-6. doi: 10.31089/1026-9428-2018-6-4-7. (in Russian)
3. Shport S.V., Lyotov K.R., Belyakova M.Ju. Mental hygiene of professional drivers as a factor in road safety. *Psikhicheskoe zdorov'e*. 2019;10:68-74. doi: 10.25557/2074-014X.2019.10.68-74. (in Russian)
4. Evtukov S.S., Golov E.V., Kolomeets A.A. The role of a human factor at formation of the traffic accident. *Transportnoe delo Rossii*. 2019;2:196-9. (in Russian)
5. Evtukov S.A., Efremov B.D. Reducing the number of accidents on the roads by preventive detection of aggressive and inept drivers. *Innovatsii na transporte i v mashinostroenii sbornik trudov IV mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. 2016: 46-8. (in Russian)
6. Evtukov S.S., Golov E.V. Road traffic safety audit on roads of regional importance in Leningrad region. *Transport Urala*. 2017;2(53):85-9. (in Russian)
7. 18 dangerous jobs in the world: from pilot to underwater welder. Available at: <https://1gai.ru/publ/521497-18-samyh-opasnyh-rabot-vo-vsem-mire.html> (in Russian)
8. Ten the most dangerous professions in Russia; 2018. Available at: <https://rg.ru/2018/06/16/nazvany-desiat-samyh-opasnyh-professij-v-rossii.html> (in Russian)
9. Li MK, Yu JJ, Ma L, Zhang W. Modeling and mitigating fatigue-related accident risk of taxi drivers. *Accid Anal Prev*. 2019;123:79-87. doi: 10.1016/j.aap.2018.11.001.
10. COMMISSION DELEGATED REGULATION (EU) .../... supplementing Regulation (EU) 2019/2144 of the European Parliament and of the Council by laying down detailed rules concerning the specific test procedures and technical requirements for the type-approval of motor vehicles with regard to their driver drowsiness and attention warning systems and amending Annex II

- to that Regulation;2021.Available at: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=PI\\_COM%3AC%282021%292639&qid=1619762533684](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=PI_COM%3AC%282021%292639&qid=1619762533684)
11. Traffic police officers warn drivers about the danger of driving vehicles in a state of fatigue. Available at: <https://xn--90adear.xn--p1ai/r/04/news/item/23619105>.(in Russian)
  12. The permissible norm of alcohol concentration in the blood in Russia is 0.3 ppm.Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1739867/pdf/v057p00649.pdf>
  13. Missing 1-2 Hours of Sleep Doubles Crash Risk; 2016.Available at: <https://newsroom.aaa.com/2016/12/missing-1-2-hours-sleep-doubles-crash-risk/>.
  14. Troshin V.V., Fedotova I.V., Blinova T.V., Morozova P.N.Cardiovascular diseases automobile drivers and traffic safety. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2018;3:27-9. (inRussian)
  15. Margulescu AD, Anderson MH. A Review of Driving Restrictions in Patients at Risk of Syncope and Cardiac Arrhythmias Associated with Sudden Incapacity: Differing Global Approaches to Regulation and Risk. *ArrhythmElectrophysiol Rev*. 2019;8(2):90-98. doi: 10.15420/aer.2019.13.2.
  16. Lowman What Medical Conditions Can Lead To Auto Accidents? Available at: <https://www.lowmanlawfirm.com/blog/bid/101531/What-Medical-Conditions-Can-Lead-To-Auto-Accidents>.
  17. Chowdhury MEH, Alzoubi K, Khandakar A, Khallifa R, Abouhasera R, Koubaa S, et al. Wearable Real-Time Heart Attack Detection and Warning System to Reduce Road Accidents. *Sensors (Basel)*. 2019;19(12):2780. doi: 10.3390/s19122780.
  18. Parliament approves EU rules requiring life-saving technologies in vehicles; 2019. Available at: <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20190410IPR37528/parliament-approves-eu-rules-requiring-life-saving-technologies-in-vehicles>
  19. General Safety Regulation: Overview of the approach for Driver Drowsiness and Attention Warning (DDAW); 2020.Available at: <https://circabc.europa.eu/sd/a/7f9912b5-e180-43ab-b9da-82ddfb1cde8a/20200701%20MVWG%20DDAW%20draft%20technical%20req.pdf>
  20. Road safety technology: Driver drowsiness & attention warning systems; 2022. Available at: <https://www.independent.ie/storyplus/road-safety-technology-driver-drowsiness-and-attention-warning-systems-41225593.html>
  21. Kondrat'eva O.E., Kravchenko M.V., Petrova A.A.Special evaluation of work conditions: drawbacks of the method and ways to improve. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2006; 12:38-41. (inRussian)
  22. The Klin Institute of Labor Protection and Conditions summed up the results of the first "five-year plan" of the special assessment of working conditions; 2019. Available at:<https://www.kiout.ru/info/news/28722>. (in Russian)

Поступила/Received: 01.06.2022

Принята в печать/Accepted: 03.06.2022

УДК 622.355.11:546.714-31:616.31.614

## ВЛИЯНИЕ АЭРОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА СТОМАТОЛОГИЧЕСКОЕ ЗДОРОВЬЕ РАБОТНИКОВ ПО ДОБЫЧЕ МАРГАНЦОВИСТОГО ИЗВЕСТНЯКА

Рахматуллина Р.З.<sup>1,3</sup>, Хайбуллина Р.Р.<sup>1</sup>, Валеева Э.Т.<sup>1,2</sup>, Герасимова Л.П.<sup>1</sup>, Кабирова М.Ф.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО БГМУ, Уфа, Россия

<sup>2</sup> ФБУН «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека», Уфа, Россия

<sup>3</sup> Общество с ограниченной ответственностью «Тэшдент плюс», Уфа, Россия

*Добыча марганцовистого известняка проводится путем отработки запасов марганцовистых известняков Улу-Телякского месторождения на двух карьерах: Северном и Ново-Северном, являющихся стратегически важными объектами на всей территории Российской Федерации. Максимальная производительность карьеров по марганцовистым известнякам составляет 1000 тыс.т/год. Воздействие марганца на соматическое здоровье представлено в литературе достаточно широко, в то же время влияние диоксида марганца в составе известняка на стоматологический статус работников практически не изучено. В связи с высокой токсичностью марганца можно высказать предположение о его негативном действии на кровоснабжение всех органов и систем, в том числе на пародонт и слизистую полости рта. В доступной нам литературе мы не встретили таких исследований, что явилось основанием для изучения данной проблемы.*

**Цель.** Изучить основные показатели микроциркуляторного русла пародонта и слизистой оболочки полости рта у работников в условиях воздействия марганцовистого известняка.

**Материалы и методы.** Изучение условий труда по химическому фактору, проведение стоматологического осмотра, исследование микроциркуляции пародонта.

**Результаты.** На основании проведенного исследования было выявлено, что условия труда работников по такому производственному фактору, как аэрозоли фиброгенного действия, содержащего диоксид марганца (2 класс опасности), относятся к вредному 3 классу 1 степени вредности. В зависимости от нозологической формы стоматологического заболевания у работников основных профессий выявлены значительные нарушения микроциркуляции пародонта и слизистой полости рта, начиная от небольшого снижения перфузии тканей кровью и вазомоторной активности, заканчивая поражением преимущественно нутритивного звена путей микроциркуляции и изменения кровотока в веноулярном отделе микроциркуляторного русла.

Разработан комплекс мероприятий по профилактике стоматологической патологии, включая организационно-технические и лечебно-профилактические.

**Заключение.** Условия труда у работников по добыче известняка по химическому фактору, представленному аэрозолем фиброгенного действия, содержащего диоксид марганца, соответствуют 3 классу 1 степени вредности. Доказано, что токсическое действие

диоксида марганца (класс опасности 2) является одним из важнейших пусковых механизмов развития микроциркуляторных изменений слизистой и пародонта у работников, что требует продолжения дальнейших исследований для разработки индивидуальных методов профилактики в зависимости от нозологической формы стоматологического заболевания и класса условий труда работника.

**Ключевые слова:** марганцовистый известняк, диоксид марганца, микроциркуляция пародонта, профилактика.

**Для цитирования:** Рахматуллина Р.З., Хайбуллина Р.Р., Валеева Э.Т., Герасимова Л.П., Кабирова М.Ф. Влияние аэрогенных факторов на стоматологическое здоровье работников по добыче марганцовистого известняка. Медицина труда и экология человека. 2022;2:50-63.

**Для корреспонденции:** Рахматуллина Расима Зуфаровна, заочный аспирант кафедры терапевтической стоматологии с курсом ИДПО ФГБОУ ВО БГМУ, e-mail: rasima-rakhmatullina@mail.ru

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

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

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2022-10204>

## THE INFLUENCE OF AEROGENIC FACTORS ON THE DENTAL HEALTH OF MANGANESE LIMESTONE MINING WORKERS

R.Z. Rakhmatullina<sup>1,3</sup>, R.R. Khaibullina<sup>1</sup>, E.T. Valeeva<sup>1,2</sup>, L.P. Gerasimova<sup>1</sup>, M.F. Kabirova<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Bashkirian State Medical University of the Russian Health Ministry, Russia, Ufa

<sup>2</sup> Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, Russia, Ufa

<sup>3</sup> Limited liability company «Teshdent plus», Russia, Ufa

*The extraction of manganese limestone is carried out by mining the reserves of manganese limestones of the Ulu-Telyak deposit in two quarries: Severny and Novo-Severny, which are strategically important objects throughout the Russian Federation. The maximum productivity of quarries for manganese limestone is 1000 thousand tons per year. The impact of manganese on somatic health is presented in the literature quite widely, at the same time, the effect of manganese dioxide in the composition of limestone on the dental status of workers is practically not studied. Due to the high toxicity of manganese, it can be assumed that it has a negative effect on the blood supply to all organs and systems, including periodontal and oral mucosa. In the literature available, we failed to find such studies. This became the basis for studying the current problem.*

**Purpose.** To study the main indicators of the microcirculatory bed of the periodontium and the oral mucosa in workers under the influence of manganese limestone

**Materials and methods.** Study of working conditions by chemical factor, dental examination, study of periodontal microcirculation.

**Results.** Based on the study, it has been shown that the working conditions of workers for such a production factor as fibrogenic aerosols containing manganese dioxide (hazard class 2) are classified as harmful Class 3, hazard degree 1. Depending on the nosological form of the dental disease, workers of the main professions revealed significant disturbances in the microcirculation of the periodontium and oral mucosa, starting from a slight decrease in tissue perfusion with blood and vasomotor activity, ending with the defeat of the predominantly nutritious link in the microcirculation pathways and changes in blood flow in the venular section of the microcirculatory bed.

A set of measures has been developed for the prevention of dental pathology, including organizational, technical and treatment and prophylactic measures.

**Conclusion.** The working conditions of limestone workers according to the chemical factor represented by a fibrogenic aerosol containing manganese dioxide correspond to the 3rd class of the 1st degree of hazard. It has been proven that the toxic effect of manganese dioxide (hazard class 2) is one of the most important triggers for the development of microcirculatory changes in the mucosa and periodontium in workers, which requires further research to develop individual methods of prevention, depending on the nosological form of the dental disease and the class of working conditions of the worker.

**Keywords.** Manganous limestone, manganese dioxide, periodontal microcirculation, prevention.

**Citation:** R.Z.Rakhmatullina, R.R.Khaibullina, E.T. Valeeva, L.P.Gerasimova, M.F. Kabirova. The influence of aerogenic factors on the dental health of manganese limestone mining workers. *Occupational health and human ecology*. 2022;2:50-63.

**Correspondence:** Rasima Z. Rakhmatullina, postgraduate student at the Department of Therapeutic Dentistry, Bashkirian State Medical University of the Russian Health Ministry, e-mail: rasima-rakhmatullina@mail.ru

**Financing:** The study had no financial support.

**Conflict of interest:** The author declares no conflict of interest.

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2022-10204>

Добыча руды марганцовистого известняка проводится на границе Башкирии и Челябинской области, где находятся его обширные залегаия. Этот материал отличается от обычного известняка присутствием в нем диоксида марганца (до 8%), что является очень ценным качеством, особенно для применения в металлургической промышленности. Оксид марганца/диоксид — это нерастворимый в воде, темно-коричневого цвета порошок, который является наиболее устойчивым соединением марганца и широко распространен в земных недрах (минерал пиролюзит) [1, 2].

От географического положения и глубины залегания зависит и химический состав породы, который может значительно варьировать в зависимости от местонахождения в самом месторождении, различных срезах и т.д. Так, по данным Н.А. Даровских (1986), на Чаньвинском месторождении известняк в среднем содержит 0,82% MgCO<sub>3</sub>, 97,8% CaCO<sub>3</sub>, 0,4% SiO<sub>2</sub>, 0,21% R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> [3,4].

По данным разработчиков Улу-Телякского месторождения, в марганцовистом известняке на Ново-Северном участке содержится 34,5% CaO, 14,9% SiO<sub>2</sub> и 7,6% Mn, в то время как те же компоненты на Северном участке составляют 32,75, 17 и 7,9% соответственно [5].

Параметры известняка марганцовистого: 98% приходится на соединения CaCO<sub>3</sub>, MnCO<sub>3</sub>, MnO<sub>2</sub>, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgCO<sub>3</sub> [6, 7].

По данным различных литературных источников, известны следующие действия диоксида марганца на организм: при длительном или повторяющемся воздействии вещество оказывает выраженное воздействие на структуры центральной нервной системы, приводит к неврологическим и нейропсихиатрическим расстройствам. При этом даже на ранних этапах воздействия появляются выраженные изменения в виде заторможенности, повышенной раздражительности, резкая смена настроения, конвульсивные признаки. С увеличением времени воздействия марганца на организм развиваются клинические проявления паркинсонизма [8]. Наблюдаются характерные изменения психической сферы: эйфоричность, благодушие, апатия, отсутствие или значительное снижение критики к своей болезни [9].

Экспериментальные исследования свидетельствуют о токсическом воздействии на репродуктивную сферу [10, 11].

Марганец может привести к повышенной восприимчивости к бронхиту, пневмонии, раздражению дыхательных путей, кашлю, на коже может развиваться раздражение, гиперемия, аллергические процессы [12,13].

Из организма более 95% марганца выводится с желчью, и, поскольку порог его токсичности очень высок, любые заболевания желудочно-кишечного тракта и печени могут замедлить детоксикацию и повысить содержание в крови дериватов марганца [14,15].

При вдыхании марганца возможны следующие риски: опасная концентрация частиц в воздухе может быть быстро достигнута при распылении. Марганец поступает в организм путем вдыхания его в составе аэрозоли, а также при случайном попадании внутрь через желудочно-кишечный тракт. Однако в доступной нам литературе мы не встретили работ, посвященных изучению воздействия диоксида марганца на состояние полости рта и стоматологическую заболеваемость [16, 17]. Первый барьер, который преодолевает диоксид марганца, — это полость рта и носа (при неправильном обращении/отсутствии средств индивидуальной защиты), при дыхании он оседает на слизистой оболочке полости рта и зубах, оказывая тем самым токсическое действие на пародонт, проникая в слизистую, попадая затем в кровеносное русло. Также диоксид марганца не остается только в дыхательных путях, проникает далее в кровеносные сосуды, внутренние органы, что может приводить к серьезным соматическим заболеваниям, которые мы описали ранее. Представляет значительный интерес изучение воздействия пыли известняка, содержащей диоксид марганца, как одного из пусковых и ведущих патогенетических механизмов в развитии заболеваний слизистой полости рта и пародонта.

**Цель** — изучить основные показатели микроциркуляторного русла пародонта и слизистой оболочки полости рта в условиях воздействия марганцовистого известняка на работников.

#### **Материалы и методы.**

Проведен анализ 192 карт специальной оценки условий труда на предмет изучения химического фактора на производстве по добыче марганцовистого известняка. Стоматологическим обследованием были охвачены 214 работников марганцовистого известняка, из них 194 - работники основных профессиональных групп: дробильщики, машинисты конвейера, машинисты погрузочной машины, машинисты экскаваторов, грейдера, бульдозера; контрольная группа - 20 человек - работники административно-хозяйственной части, складов, которые не имеют контакта с вредными факторами производства (в том числе с аэрозолями). Все работники после осмотра были разделены на 3 основные группы, в зависимости от поставленного диагноза: I группа - 61 человек с диагнозом «хронический простой маргинальный гингивит» (ХПМГ); II группу составили 67 работников, у которых основным диагнозом был «хронический пародонтит легкой степени» (ХП л.с.); III группа - 66 пациентов с диагнозом «хронический пародонтит средней степени» (ХП с.с.); IV группа – контрольная.

Микроциркуляцию тканей пародонта измеряли методом доплерографии. В работе применяли лазерный анализатор периферического кровотока «ЛАКК-ОП» (ООО НПП «ЛАЗМА»). Принцип его действия заключается в том, что когда лазер взаимодействует с тканями, то в отраженном сигнале есть составляющий элемент, обусловленный отражением от эритроцитов, которые находятся в движении, пропорциональный скорости движения (эффект Допплера). В приборе формируется амплитуда сигналов от всех эритроцитов, которые находятся в пределах зондирования, имеют разные скорости и по-разному количественно распределены в венах, артериолах, артериовенулярных анастомозах и капиллярах. Сигнал, показатель микроциркуляции (ПМ):  $ПМ = N_{эр} \times V_{ср}$ , где:  $N_{эр}$  – количество эритроцитов в зондируемом объеме,  $V_{ср}$  – средняя скорость эритроцитов, которая формируется на выходе анализатора «ЛАКК-ОП».

#### **Результаты.**

В процессе разработки известняка в воздух рабочей зоны в ходе буровзрывных, дробильно-сортировочных и погрузочных работ выделяется большое количество пыли, содержащей аэрозоли, преимущественно фиброгенного действия (диоксида кремния менее 20%) [18, 19, 20]. Как представлено в таблице 1, воздействию аэрозолей фиброгенного действия на уровне 3 класса 1 степени вредности подвергаются в основном дробильщики, машинисты погрузочной машины и конвейера (табл. 1).

Таблица 1

Химический фактор рабочей среды у работников по добыче марганцовистого известняка

Table 1

The chemical factor of the work environment for manganese limestone extraction workers

Профессия	Аэрозоли фиброгенного действия; класс условий труда
Дробильщики	3.1
Машинисты погрузочной машины	3.1
Машинист конвейера	3.1
Машинисты: экскаватора, грейдера, бульдозера	2 2 2

Марганца диоксид и марганца карбонат гидрат входят в состав данной аэрозоли и относятся к веществам высоко опасным (класс опасности 2), обладают умеренным кумулятивным, сенсibiliзирующим действием, а также раздражающим действием на слизистые оболочки глаз, при превышении ПДК оказывают негативное воздействие на сердечно-сосудистую, нервную и дыхательную системы [21, 22] (табл. 2).

Таблица 2

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны в процессе добычи марганцовистого известняка

Table 2

The content of harmful substances in the working area air during the extraction of manganese limestone

Наименование вещества	Класс опасности	ПДК <sub>в.р.з.</sub> (мг/м <sup>3</sup> ) (м.р./с.с.)	ПДК <sub>в.р.з.</sub> (мг/м <sup>3</sup> ) (м.р./с.с.)
Марганца оксиды (в пересчете на марганец диоксид): аэрозоль дезинтеграции	2	0,3/-	-
Марганец карбонат гидрат	2	1,5/0,5	-
Марганец и его соединения (в пересчете на марганец (IV) оксид)	2	-	0,01/0,001
Известняк	4	-/6	-
Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния менее 20%	3	-	0,5/0,15

При проведении стоматологического обследования у обследуемых пациентов в тканях пародонта отмечались значительные микроциркуляторные расстройства: снижение объема и скорости кровотока в микрососудах, что свидетельствовало о снижении перфузии тканей кровью и об угнетении активных вазомоторных механизмов модуляции тканевого кровотока [23].

Марганец, проникая из плазмы в эритроциты, где содержание его выше, чем в сыворотке крови, тем самым изменяет реологические свойства кровотока. У пациентов с гингивитом уровень объема кровотока в тканях десны был ниже нормы на  $1,12 \pm 0,2$  перфузионных единиц (перф.ед.), а скорость – на  $0,54 \pm 0,06$  перф.ед., что не является статистически значимым, согласно критерию Мана-Уитни ( $p > 0,2$ ).

Можно лишь утверждать, что, возможно, мы имеем дело со снижением механизмов активной модуляции тканевого кровотока, сопровождающейся компенсаторным нарастанием роли пассивной модуляции, которая направлена на снижение нагрузки веноулярного русла (табл. 3, рис. 1).

У пациентов с хроническим пародонтитом легкой степени уровень капиллярного кровотока был значительно снижен по сравнению с контрольной группой (нормой) – на  $7,95 \pm 0,05$  перф.ед. ( $p < 0,001$ ), а скорость – на  $1,69 \pm 0,5$  перф.ед. ( $p < 0,01$ ). Это подтверждает наличие снижения перфузии тканей кровью и вазомоторной активности микрососудов. Данное обстоятельство является причиной нарастания в веноулярном отделе микроциркуляторного русла пародонта застойных явлений (табл. 3).

Таблица 3

**Показатели кровотока тканей пародонта у пациентов с хроническим простым маргинальным гингивитом и хроническим пародонтитом легкой и средней степени, отягощенным бруксизмом**

Table 3

**Parameters of blood flow of periodontal tissues in patients with chronic simple marginal gingivitis and mild to moderate chronic periodontitis aggravated by bruxism**

Показатели	КГ (n=20)	ХПМГ (n=61)	ХП легкой ст. (n=67)	ХП средней ст. и бруксизм (n=66)
Объем перфузии кровотока (перф.ед.)	$30,02 \pm 4,36$	$28,9 \pm 3,25$ $p=0,837$	$22,07 \pm 0,11$ *** $p < 0,001$	$21,09 \pm 0,08$ *** $p < 0,001$
Скорость перфузии кровотока (перф.ед.)	$3,86 \pm 0,60$	$3,32 \pm 0,55$ $p=0,509$	$2,17 \pm 0,12$ ** $p=0,006$	$2,15 \pm 0,09$ ** $p=0,004$

\*\*, \*\*\* - значимость различий показателей по сравнению с контрольной группой при  $p < 0,01$  и  $p < 0,001$  соответственно.

\*\*, \*\*\* - the significance of differences in indicators compared with the control group at  $p < 0.01$ ,  $p < 0.001$ , respectively

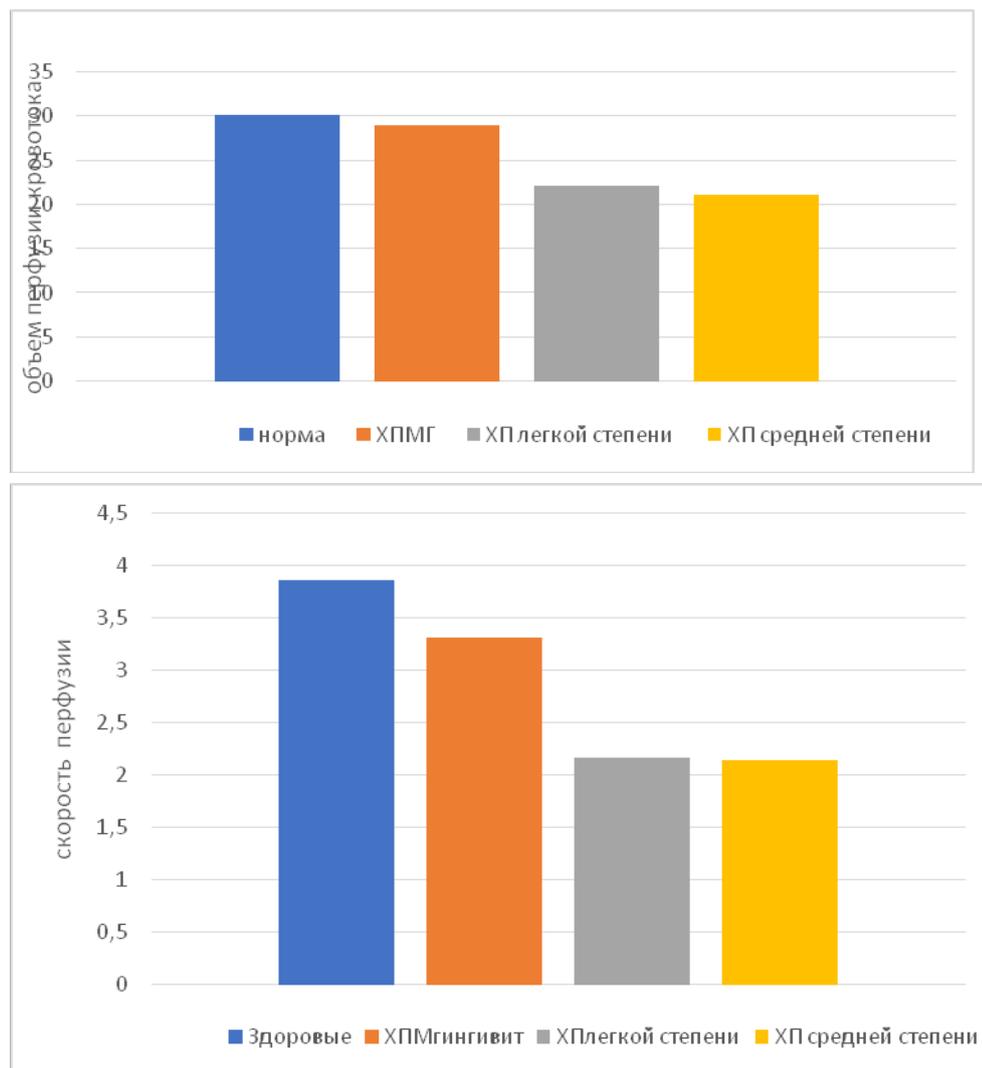


Рис. 1. Объем и скорость перфузии кровотока у пациентов с ХПМГ, ХП легкой, средней степени тяжести

Figure 1. Volume and rate of blood flow perfusion in patients with CPMG, mild to moderate CP

У пациентов, страдающих хроническим пародонтитом средней степени, наблюдается ухудшение кровоснабжения тканей пародонта, что выражалось в микроциркуляторных расстройствах различной степени. Выраженное ухудшение микроциркуляции в виде снижения объема перфузии капиллярного кровотока на  $8,93 \pm 0,3$  перф.ед. ( $p < 0,001$ ), скорости перфузии кровотока – на  $1,71 \pm 0,02$  перф.ед. ( $p < 0,01$ ) от уровня интактного пародонта отмечалось при хроническом пародонтите средней степени с бруксизмом. К застойным явлениям в веноулярном звене присоединяются реологические расстройства, связанные с внутрисосудистой агрегацией эритроцитов и локальным стазом в микрососудах пародонта.

Известно, что при микроциркуляторных расстройствах в виде снижения уровня перфузии капилляров кровью страдает преимущественно нутритивное звено

микроциркуляторного русла, его веноулярный отдел с последующим расстройством проницаемости гистогематического барьера, что играет значимую роль как в развитии, так и в прогрессировании заболевания. Нарушение процессов микроциркуляции при пародонтите приводит к недостатку кислорода и усилению перекисного окисления липидов в тканях пародонта. Увеличение активности антиоксидантной системы, которая поддерживает адаптационно-приспособительные реакции целостного организма, в этих условиях обеспечивает защиту тканей.

**Обсуждение.** Одним из ведущих вредных производственных факторов в трудовом процессе работников по добыче известняка является химический, представленный аэрозолем фиброгенного действия, содержащей диоксид марганца (класс 3.1). Диоксид марганца относится к группе веществ 2 класса опасности.

При стоматологическом осмотре у 194 работников по добыче марганцовистого известняка диагностированы хронический простой маргинальный гингивит, хронический пародонтит легкой и средней степени. Выявлено, что важным патогенетическим звеном развития расстройств микроциркуляции при хроническом простом маргинальном гингивите и хроническом пародонтите у работников предприятия по добыче марганцовистого известняка важную роль играют четыре фактора – токсическое действие диоксида марганца (2 класс опасности), который проникая в кровеносные сосуды, изменяет гемодинамические показатели пародонта, уменьшение количества функционирующих капилляров, снижение уровня перфузии капилляров кровью, в результате которого страдает преимущественно нутритивное звено путей микроциркуляции, а также изменение кровотока в веноулярном отделе микроциркуляторного русла. Таким образом, нами доказано, что марганец является одним из важнейших звеньев в патологической цепочке развития микроциркуляторных изменений слизистой и пародонта у работников, что способствует повышенной стоматологической заболеваемости.

Профилактические мероприятия при добыче марганцовистого известняка должны включать:

- организационно-технические меры: правильная, рациональная организация рабочих мест с учетом преимущественной розы ветров, герметизация оборудования и техники, уменьшение образования пыли, установка пылеулавливающих вытяжных устройств при взрывных, разгрузочно-погрузочных работах;
- четкое соблюдение правил техники безопасности при работе с марганцем: использование средств индивидуальной защиты органов дыхания, кожи, глаз (респираторы, маски, очки, закрытые защитные очки, перчатки, защитная обувь и костюмы). Необходимо четко придерживаться правил личной гигиены, в конце рабочего дня необходимо принимать душ;
- в случае попадания вещества в глаза промывание глаз теплой водой в течение нескольких минут, обращение в здравпункт или поликлинику для осмотра;

- при случайном заглатывании вещества немедленное полоскание рта, отказ от приема пищи, напитков до осмотра медицинского работника в условиях здравпункта или поликлиники;

- проведение периодических медицинских осмотров с целью выявления противопоказаний к данному виду работ и выявления ранних признаков профессиональной патологии.

Для вышеперечисленных профессиональных групп, страдающих заболеваниями пародонта, разработан следующий комплекс лечебно-профилактических мероприятий:

- рассасывание противовоспалительных конфет «Смарт» - по 1 конфете 3 раза в день между приемами пищи (длительность 15 минут, до полного растворения) в течение 2 недель. Также полоскание полости рта бальзамом «Плацентоль» в течение 3 мин, который разводится дистиллированной водой в соотношении 1:2, объемом 15-20 мл. Продолжительность курса 7-10 процедур ежедневно, в домашних условиях;

- повязки с бальзамом «Плацентоль», которые готовили следующим образом: бальзам «Плацентоль» и водный дентин в соотношении соответственно 5:1 смешивали до консистенции густой сметаны и на высушенную, изолированную ватными тампонами десну тонким слоем наносили смесь. Время экспозиции 15 минут. Курс лечения 10 ежедневных процедур;

- введение в патологические карманы и по десневому краю детского фитогеля для десен «Кармолис». После этого проводили лазерофорез по лабиальной методике на верхнюю и нижнюю челюсти сегментарно: 1.8-1.3; 1.3-2.3; 2.3-2.8 - сегменты верхней челюсти и 3.8-3.3; 3.3-4.3; 4.3-4.8 - сегменты нижней челюсти. При этом воздействуют лазерным облучением мощностью излучения 0,4 Вт, плотностью энергии 18 Дж/см<sup>2</sup> по 4 минуты на каждый сегмент: 2 минуты с вестибулярной стороны и 2 минуты с небной - язычной стороны с длиной волны 662 нм, после этого проводят полоскания полости рта раствором, содержащим 10-20 капель «Кармолис» в 0,5 стакана воды.

#### **Выводы:**

1. Выявлено, что одним из ведущих вредных производственных факторов, воздействующих на работников производства по добыче марганцовистого известняка, является аэрозоль фиброгенного действия, содержащая диоксид марганца (класс 3.1).
2. Установлено, что диоксид марганца, являясь веществом 2 класса опасности, попадая в организм аэрогенным путем и при заглатывании, оказывает многоуровневое выраженное токсическое действие на кровеносную систему пародонта и слизистой полости, начиная от небольшого снижения тканевого кровотока, заканчивая поражением нутритивного звена и веноулярного отдела микроциркуляторного русла.
3. Показано, что у работников с признаками только гингивита, имеется лишь тенденция к угнетению механизмов активной модуляции тканевого кровотока, сопровождающаяся компенсаторным нарастанием процессов пассивной модуляции, с целью снижения нагрузки на веноулярное русло. У пациентов с ХП легкой степени, наблюдалось снижение перфузии тканей кровью и вазомоторной активности микрососудов, что является

причиной усиления застойных изменений микроциркуляции пародонта, в основном его веноулярного отдела. У пациентов с ХП средней степени выявлены застойные явления в веноулярном звене, а также реологические расстройства, связанные с внутрисосудистой агрегацией эритроцитов и локальным стазом в микрососудах пародонта.

4. Проведенные исследования направлены на разработку комплексных и индивидуальных программ на основе гигиенических, лечебно-профилактических мероприятий по предупреждению развития болезней полости рта у работников по добыче марганцовистого известняка.

#### Список литературы:

1. Michael E. Wieser, Norman Holden, Tyler B. Coplen, John K. Böhlke, Michael Berglund, Willi A. Brand, Paul De Bièvre, Manfred Gröning, Robert D. Loss, Juris Meija, Takafumi Hirata, Thomas Prohaska, Ronny Schoenberg, Glenda O'Connor, Thomas Walczyk, Shige Yoneda, Xiang-Kun Zhu. Atomic weights of the elements. Pure and Applied Chemistry. 2013;1047-1071.
2. Кнунянц И. Л. Химическая энциклопедия. 2008; 166- 463.
3. Булах А.Г., Кривовичев В.Г., Золотарев А.А. Общая минерология. 2008; 128-134.
4. Ушакова Е.Н., Шелепаев Р.А., Изох А.Э., Сухоруков В.П., Никитин А. А. Магматические горные породы: систематика, номенклатура, структуры и текстуры. 2016; 48-67.
5. R. W. Le Maitre. A Classification and Glossary of Terms, Recommendations of the International Union of Geological Sciences, Subcommittee of the Systematics of Igneous Rocks.,2002;
6. Петрографический кодекс России: магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования. 2009;197-198.
7. Couper J. Sur les effets du peroxide de manganèse. Journal de chimie médicale, de pharmacie et de toxicologie. 2007; 3:223-225
8. De Bie R.M., Gladstone R.M., Strafella A.P., Ko J.H., Lang A.E. Manganese-induced Parkinsonism associated with methcathinone (Ephedrone)abuse .journal. 2007; 886-889.
9. Kondakis XG, Makris N, Leotsinidis M, Prinou M, Papapetropoulos T. Possible health effects of high manganese concentration in drinking water. Arch. Environ. Health 1989; 44(3): 175—178
10. Ferraz HB, Bertolucci PH, Pereira JS, Lima JG, Andrade LA. Chronic exposure to the fungicide maneb may produce symptoms and signs of CNS manganese intoxication. Neurology 1988; 38(4): 550—553.
11. Lauwerys R, Roels H, Genet P, Toussaint G, Bouckaert A, De Cooman S. Fertility of male workers exposed to mercury vapor or to manganese dust: a questionnaire study. Am. J. Ind. Med. 1985; 7(2): 171—176.
12. Зайдуллин И.И., Кабирова М.Ф., Галимова Р.Р., Каримов Д.О., Валеева Э.Т. Оценка распространенности основных пародонтопатогенов у работников нефтехимического производства с хроническим пародонтитом. Проблемы стоматологии, том 14,32. 2018.

13. Lynam DR, Roos JW, Pfeifer GD, Fort BF, Pullin TG. Environmental effects and exposures to manganese from use of methylcyclopentadienyl manganese tricarbonyl (MMT) in gasoline. *NeuroToxicology* 1999; 20(2-3): 145—150.
14. Zheng W. Neurotoxicology of the brain barrier system: new implications. *J. Toxicol. Clin. Toxicol.* 2001; 39(7): 711—719.
15. Степкин Ю.И., Механтьев И.И., Платунин А.В., Колнет И.В. Оценка факторов риска в условиях химического и шумового воздействия на здоровье населения. *Медицина труда и промышленная экология.* 2016;7:25-28.
16. Hudnell HK. Effects from environmental Mn exposures: a review of the evidence from non-occupational exposure studies. *NeuroToxicology* 1999; 20(2-3): 379—397.
17. Хайбуллина Р.Р., Герасимова Л.П., Хайбуллина А.Р. Гемодинамические показатели сосудов пародонта у пациентов с хроническим генерализованным пародонтитом. *Журнал научных статей «Здоровье и образование в XXI веке».* 2017.
18. Валеева Э.Т., Шайхлисламова Э.Р., Бакиров А.Б., Газизова Н.Р., Сагадиева Р.Ф., Маликова А.И. Недостатки санитарно-гигиенических характеристик условий труда, затрудняющие проведение экспертизы связи заболевания с профессией. *Гигиена и санитария,* 2021.
19. Хайбуллина Р. Р., Рахматуллина Р. З., Валеева Э. Т., Мочалов К. С., Таюпова И. М., Кулешова Т. П. Выявление профессиональной обусловленности заболеваний пародонта у работников на известняковом предприятии. *Проблемы стоматологии.* 2021; том 17, №1, стр.166-173.
20. Валеева Э.Т., Шайхлисламова Э.Р., Галимова Р.Р., Бакиров А.Б. Профессиональная заболеваемость работающего населения Республики Башкортостан: состояние и причины снижения. *Медицина труда и экология человека.* 2020.
21. Валеева Э.Т., Каримова Л.К., Галимова Р.Р., Мулдашева Н.А., Дистанова А.А. Оценка профессионального риска здоровью работников в современных производствах резиновых изделий. *Анализ риска здоровью.* 2020.
22. Зайдуллин И.И., Каримова Л.К., Кабирова М.Ф., Садртдинова Г.Р., Галимова Р.Р., Валеева Э.Т. Использование микроядерного теста для оценки состояния пародонта у работников, подвергающихся воздействию вредных веществ. *Гигиена и санитария,* 2020.
23. Зайдуллин И.И., Каримова Л.К., Кабирова М.Ф., Валеева Э.Т. Сравнительный анализ полиморфных вариантов генов IL-17A, MMP-1 с риском развития хронического пародонтита у работников нефтехимического производства. *Медицина труда и промышленная экология.* 2020.

#### References:

1. Michael E. Wieser, Norman Holden, Tyler B. Coplen, John K. Böhlke, Michael Berglund, Willi A. Brand, Paul De Bièvre, Manfred Gröning, Robert D. Loss, Juris Meija, Takafumi Hirata, Thomas Prohaska, Ronny Schoenberg, Glenda O'Connor, Thomas Walczyk, Shige Yoneda, Xiang-Kun Zhu. Atomic weights of the elements. *Pure and Applied Chemistry.* 2013;1047-1071.
2. Knunyants I. L. *Chemical encyclopedia.* 2008; 166-463

3. Bulakh A.G., Krivocheev V.G., Zolotoarev A.A. General Minerology. 2008
4. Ushakova E.N., Shelepaev R.A., Izokh A.E., Sukhorukov V.P., Nikitin A.A. Igneous rocks: systematics, nomenclature, structures and textures. 2016; 48-67
5. R. W. Le Maitre (editor) (2002) Igneous Rocks: A Classification and Glossary of Terms, Recommendations of the International Union of Geological Sciences, Subcommittee of the Systematics of Igneous Rocks.,
6. Petrographic code of Russia: igneous, metamorphic, metasomatic, impact formations. - 3rd ed. - St. Petersburg: VSEGEI, 2009. - 197
7. Couper J. Sur les effets du peroxide de manganèse. Journal de chimie médicale, de pharmacie et de toxicologie, 1837; 3:223-225
8. de Bie R.M., Gladstone R.M., Strafella A.P., Ko J.H., Lang A.E. Manganese-induced Parkinsonism associated with methcathinone (Ephedrone)abuse .journal. 2007: 64( 6): 886—889.
9. Kondakis XG, Makris N, Leotsinidis M, Prinou M, Papapetropoulos T. Possible health effects of high manganese concentration in drinking water. Arch. Environ. Health 1989; 44(3): 175—178
10. Ferraz HB, Bertolucci PH, Pereira JS, Lima JG, Andrade LA. Chronic exposure to the fungicide maneb may produce symptoms and signs of CNS manganese intoxication. Neurology 1988; 38(4): 550—553.
11. Lauwerys R, Roels H, Genet P, Toussaint G, Bouckaert A, De Cooman S. Fertility of male workers exposed to mercury vapor or to manganese dust: a questionnaire study. Am. J. Ind. Med. 1985; 7(2): 171—176.
12. Zaidullin I.I., Kabirova M.F., Galimova R.R., Karimov D.O., Valeeva E.T. Evaluation of the prevalence of the main periodontopathogens in petrochemical workers with chronic periodontitis. Problemy stomatologii. Vol. 14.32. 2018
13. Lynam DR, Roos JW, Pfeifer GD, Fort BF, Pullin TG. Environmental effects and exposures to manganese from use of methylcyclopentadienyl manganese tricarbonyl (MMT) in gasoline. NeuroToxicology 1999; 20(2-3): 145—150.
14. Zheng W. Neurotoxicology of the brain barrier system: new implications. J. Toxicol. Clin. Toxicol. 2001; 39(7): 711—719.
15. Stepkin Yu.I., Mekhantiev I.I., Platunin A.V., Kolnet I.V. Assessment of risk factors under conditions of chemical and noise impact on public health. Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya. 2016;7:25-28.
16. Hudnell HK. Effects from environmental Mn exposures: a review of the evidence from non-occupational exposure studies. NeuroToxicology 1999; 20(2-3): 379—397.
17. Khaibullina R.R., Gerasimova L.P., Khaibullina A.R. Hemodynamic parameters of periodontal vessels in patients with chronic generalized periodontitis.//Zhurnal nauchnykh statei. Zdorove i obrzovaniye v XXI veke. 2017
18. Valeeva E.T., Shaikhislamova E.R., Bakirov A.B., Gazizova N.R., Sagadiyeva R.F., Malikova A.I. Shortcomings in the sanitary and hygienic characteristics of working conditions, which make it

- difficult to conduct an examination of the relationship of the disease with the profession. *Gigiena i Sanitariya*, 2021.
19. Khaibullina R. R., Rakhmatullina R. Z., Valeeva E. T., Mochalov K. S., Tayupova I. M., Kuleshova T. P. Identification of occupational causation of periodontal diseases in workers at a limestone enterprise. *Problemy stomatologii*. 2021
  20. Valeeva E.T., Shaikhislamova E.R., Galimova R. R., Bakirov A.B. Occupational morbidity of the working population of the Republic of Bashkortostan : state and causes of decline. *Meditcina truda i ekologiya cheloveka*. 2020.
  21. Valeeva E.T., Karimova L.K., Galimova R. R., Muldasheva N .A., Distanova A.A. Evaluation of the occupational risk to the health of workers in modern production of rubber products. Health risk analysis. 2020 Conclusion, according to the toxicological assessment, Manganous Limestone
  22. Zaidullin I.I., Karimova L.K., Kabirova M.F., Sadrtiova G.R., Galimova R.R., Valeeva E.T. Use of the micronucleus test to assess periodontal health in exposed workers. *Gigiena i sanitariya*, 2020
  23. Zaidullin I.I., Karimova L.K., Kabirova M.F., Valeeva E.T. Comparative analysis of polymorphic variants of IL-17A, MMP-1 genes with the risk of developing chronic periodontitis in petrochemical workers. *Meditcina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2020.

Поступила/Received: 24.03.2022

Принята в печать/Accepted: 05.05.2022

УДК 613.6.027; 613.65

## ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ОРГАНИЗМА ОВОЩЕВОДОВ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА В ДИНАМИКЕ РАБОЧЕЙ СМЕНЫ

Мигачева А.Г., Новикова Т.А.

Саратовский МНЦ гигиены ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий  
управления рисками здоровью населения», Саратов, Россия

*Выявление функциональных нарушений организма в процессе трудовой деятельности, связанных с воздействием производственных факторов, является важным звеном разработки мер профилактики профессиональных и производственно обусловленных заболеваний у работников, занятых во вредных условиях труда.*

**Цель исследования** – оценка функционального состояния организма овощеводов защищенного грунта в динамике рабочей смены в зависимости от стажа работы в профессии.

**Материалы и методы.** Исследовано функциональное состояние кардиореспираторной системы и нервно-мышечного аппарата у женщин-овощеводов защищенного грунта (108 человек со средним возрастом 44,6±9,1 лет и средним профессиональным стажем работы 13,7±7,7 лет) в динамике рабочей смены.

**Результаты.** Установлено, что у овощеводов защищенного грунта, занятых тяжелой работой в условиях загрязнения воздуха рабочей зоны вредными веществами и нагревающего микроклимата, наблюдались выраженные изменения показателей кардиореспираторной системы и нервно-мышечного аппарата. Выявлено увеличение к концу рабочей смены частоты сердечных сокращений (на 5,5-7,1%), одновременно с незначительным снижением систолического и диастолического артериального давления крови, повышение уровней коэффициента выносливости сердечно-сосудистой системы (на 4,2-13,8%), уменьшение продолжительности задержки дыхания (на 9,3-25,8%) и увеличение индекса устойчивости к гипоксии (на 17,6-59,5%), снижение максимальной силы и выносливости к статическим усилиям мышц кистей рук (на 5,0-5,9% и 64,7-64,7% соответственно). Наиболее выраженные изменения показателей, свидетельствующие о нарушении механизмов адаптации и снижении функциональных резервов организма, отмечались у работников с профессиональным стажем работы более 10 лет.

**Заключение.** Полученные данные свидетельствуют о необходимости включения в программы профилактики нарушений здоровья у овощеводов защищенного грунта мероприятий по восстановлению функционального состояния организма на рабочем месте.

**Ключевые слова:** овощеводы защищенного грунта, вредные условия труда, функциональное состояние, стаж в профессии.

**Для цитирования:** Мигачева А.Г., Новикова Т.А. Функциональное состояние организма овощеводов защищенного грунта в динамике рабочей смены. Медицина труда и экология человека. 2022;2:64-74.

**Для корреспонденции:** Мигачева Анна Геннадьевна, Саратовский МНЦ гигиены ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», младший научн. сотр. лаб. гигиены труда. E-mail: migachevaag@yandex.ru.

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

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

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2022-10205>

## THE BODY FUNCTIONAL STATE OF VEGETABLE GROWERS IN THE PROTECTED SOIL IN THE DYNAMICS OF A WORKING SHIFT

Migacheva A.G, Novikova T.A.

Saratov Hygiene Medical Research Center of the FSFI «FSC Medical and Preventive Health Risk Management Technologies», Saratov, Russia

**Introduction.** Identification of body functional disorders caused during the work process associated with the impact of occupational factors, is an important link in the development of measures to prevent occupational and work-related diseases in subjects working in hazardous working conditions.

**The purpose of the study** was to assess the functional state of the body of greenhouse vegetable growers in the dynamics of the work shift, depending on the length of service in the profession.

**Material and methods.** The functional state of the cardiorespiratory system and the neuromuscular apparatus was studied in female vegetable growers (108 people with an average age of 44.6±9.1 years and an average work experience of 13.7±7.7 years) were studied in the dynamics of the work shift.

**Results.** It has been shown that vegetable growers of protected ground, engaged in hard work in conditions of air pollution of the working area with harmful substances and a heating microclimate, there were pronounced changes in the indicators of the cardiorespiratory system and the neuromuscular apparatus. An increase in the heart rate by the end of the working shift was revealed (by 5.5-7.1%) simultaneously with a slight decrease in systolic and diastolic blood pressure, increased levels of cardiovascular endurance coefficient (by 4.2-13.8%), a decrease in the duration of respiratory retention (by 9.3-25.8%) and an increase in the index of resistance to hypoxia (by 17.6-59.5%), a significant decrease in maximum strength and endurance to static efforts of the muscles of the hands (by 5.0-5.9% and 18.5-64.7%, respectively). The most pronounced changes in indicators, indicating a violation of adaptation mechanisms and a decrease in the functional reserves of the body, were observed in workers with occupational work experience of more than 10 years.

**Conclusion.** The data obtained indicate the need to include measures to restore the functional state of the body at the workplace in the programs for the prevention of health disorders in greenhouse vegetable growers.

**Keywords:** *vegetable growers of protected soil, harmful working conditions, functional condition, experience in the profession.*

**Citation:** *Migacheva A.G, Novikova T.A. The body functional state of vegetable growers in the protected soil in the dynamics of a working shift. Occupational health and human ecology. 2022;2:64-74.*

**Correspondence:** *Anna G. Migacheva, Saratov Hygiene Medical Research Center of the FSFI «FSC Medical and Preventive Health Risk Management Technologies», Junior researcher in the Department of occupational medicine, E-mail: migachevaag@yandex.ru*

**Financing:** *the study had no financial support.*

**Conflict of interest:** *The authors declare no conflict of interest.*

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2022-10205>

Сохранение здоровья и продление профессионального долголетия работников является залогом устойчивого развития агропромышленного комплекса, играющего ключевую роль в обеспечении продовольственной безопасности России [1]. Вместе с тем, по официальным данным Федеральной службы государственной статистики РФ [2], на конец 2020 года из 928 тыс. человек, занятых в сельском, лесном хозяйстве, охоте, рыболовстве и рыбноводстве, почти треть (27,7%) работали во вредных и (или) опасных условиях труда, которые могли стать триггерами развития профессиональных и профессионально обусловленных заболеваний [3].

Тепличное промышленное производство овощей и зеленых культур, вносящее весомый вклад в обеспечение продовольственной безопасности страны, в настоящее время активно развивается, в том числе и в Саратовской области. Происходит модернизация функционирующих хозяйств, увеличение посадочных площадей за счет строительства новых теплиц, внедрение новых технологий выращивания овощей на гидропонных субстратах. Изменение характера трудового процесса и условий труда, увеличение количества рабочих мест определяют актуальность исследований влияния условий труда на здоровье работников тепличных комплексов в современных условиях.

В результате предыдущих исследований было установлено, что труд овощеводов защищенного грунта связан с воздействием комплекса вредных производственных факторов, ведущими среди которых являются неблагоприятный микроклимат, загрязнение воздуха рабочей зоны вредными химическими веществами (пестицидами, агрохимикатами, дезинфектантами), тяжесть трудового процесса [4], что согласуется с данными других авторов [5-7]. Вредные условия труда (классы 3.1-3.3) могут явиться факторами риска развития у работников преморбидных состояний, способствующих развитию профессиональных и профессионально обусловленных соматических заболеваний [8, 9]. Многочисленными исследованиями показано, что негативное воздействие производственной среды в сочетании с физическим перенапряжением способно приводить к напряжению механизмов адаптации вплоть до истощения функциональных возможностей организма [10-12]. Помимо уровней вредных производственных факторов, в развитии

нарушений здоровья значение имеет длительность их воздействия, определяющаяся стажем работы в профессии [13, 14].

**Целью исследования** явилась оценка функционального состояния организма овощеводов защищенного грунта в динамике рабочей смены в зависимости от стажа работы в профессии.

**Материалы и методы.** Проведены исследования показателей функционального состояния кардиореспираторной системы и нервно-мышечного аппарата овощеводов защищенного грунта одного из тепличных комбинатов Саратовской области в динамике трех рабочих смен. Регистрация показателей осуществлялась до начала рабочей смены, до обеденного перерыва и в конце смены.

В исследовании приняли участие 108 условно здоровых работниц со средним возрастом  $44,6 \pm 9,1$  лет и средним профессиональным стажем работы  $13,7 \pm 7,7$  лет. В соответствии с этическими принципами, принятыми Хельсинской декларацией последнего пересмотра, на участие в исследовании были получены информированные согласия всех обследованных.

Состояние сердечно-сосудистой системы (ССС) оценивалось по показателям частоты сердечных сокращений (ЧСС) и артериального давления крови – систолического (САД) и диастолического (ДАД), регистрировавшимся с помощью автоматического тонометра OmronM2 BASIC (Япония). Оценка исходных уровней артериального давления осуществлена в соответствии с клиническими рекомендациями, утвержденными Минздравом России [15]. В качестве дополнительного показателя рассчитывался коэффициент выносливости сердечно-сосудистой системы (КВ ССС), характеризующий степень адаптивности ССС к выполнению физических нагрузок по формуле Кваса. При анализе данных учитывалось, что КВ ССС в норме у здорового человека составляет 12-16 усл. ед., увеличение показателя свидетельствует об ослаблении функции сердечно-сосудистой системы [16].

Для оценки резервных возможностей кардиореспираторной системы была проведена проба Штанге с задержкой дыхания на вдохе с расчетом индекса устойчивости к гипоксии (ИУГ), дающим косвенное представление о способности организма противостоять гипоксии. Значение показателя ИУГ  $\leq 1$  свидетельствовало об утомлении и недостаточном снабжении организма кислородом.

Состояние нервно-мышечного аппарата оценивалось методом динамометрии с определением максимальной силы мышц кистей рук и мышечной выносливости к статическим усилиям на уровне  $\frac{1}{2}$  максимальной силы с использованием комплекса психофизиологического тестирования «ПсихоТест» [17]. При интерпретации данных учитывалось, что оптимальным в процессе обычного рабочего дня считается снижение выносливости на 5-10%, предельно допустимым – на 20%, превышение указанного уровня свидетельствует о развитии выраженного утомления [12].

Для оценки влияния на функциональное состояние профессионального стажа работы среди обследованных было выделено 3 группы: 1 группа – стаж работы до 10 лет включительно ( $n=39$  человек) со средним стажем в профессии  $5,3 \pm 2,9$  лет и средним возрастом  $38,7 \pm 8,9$  лет; 2 группа – стаж работы 11-20 лет ( $n=48$ ), средний стаж -  $15,8 \pm 3,1$ ,

средний возраст - 47,2±7,6 лет; 3 группа – стаж работы более 21 года (n=21), средний стаж 24,4±3,4 года, возраст - 49,7±6,6 лет.

Для статистической обработки и анализа материалов исследований были использованы прикладное программное обеспечение Microsoft Excel 2007 и русская версия программы Statistica 10 для Windows. Числовые данные представлены в виде среднего арифметического (M), стандартной ошибки (m) или стандартного отклонения (SD). Статистическая значимость различий определяли по U критерию Манна-Уитни с поправками для множественных сравнений. Различия показателей считались достоверными при  $p < 0,05$ .

**Результаты.** Анализ показателей функционального состояния сердечно-сосудистой системы овощеводов позволил выявить, что исходные среднегрупповые значения ЧСС и артериального давления у обследованных не превышали границ физиологической нормы. Увеличение частоты сердечных сокращений отмечалось уже до обеденного перерыва и нарастало к концу смены, что являлось адекватной реакцией на трудовую нагрузку. Средние групповые значения ЧСС увеличивались к концу рабочей смены на 5,5-7,1% у работников во всех группах и варьировали от 70,7±1,2 до 79,9±2,2 уд./мин. Статистически значимые различия с исходными уровнями выявлены в группе со стажем работы 11-20 лет (табл. 1).

Таблица 1

**Показатели функционального состояния кардиореспираторной системы в динамике рабочей смены у овощеводов в зависимости от стажа работы (M±m)**

Table 1

**Indicators of the functional state of the cardiorespiratory system in the dynamics of the work shift in vegetable growers, depending on the length of service (M±m)**

Группы овощеводов	Время обследования			U критерий Манна-Уитни
	до начала смены	до обеда	в конце смены	
<b>ЧСС, уд./мин.</b>				
1-я группа	74,9±1,8	74,5±2,0	79,9±2,2	p=0,122
2-я группа	70,7±1,2	73,8±1,6	75,7±1,5*	p=0,013
3-я группа	74,7±2,4	79,0±2,5	78,8±2,5	p=0,194
<b>САД, мм рт.ст.</b>				
1-я группа	120,2±2,2	119,6±2,2	120,9±2,0	p=0,408
2-я группа	128,9±2,7	124,4±2,3	122,1±1,9	p=0,078
3-я группа	126,7±3,3	122,9±3,6	120,3±3,2	p=0,140
<b>ДАД, мм рт.ст.</b>				
1-я группа	72,9±1,5	72,2±1,5	73,3±1,7	p=0,713
2-я группа	78,2±1,7	74,5±1,8	74,6±1,6	p=0,158
3-я группа	78,1±2,3	75,4±2,2	74,0±1,9	p=0,151
<b>КВ ССС, усл.ед.</b>				
1-я группа	16,4±0,6	16,1±0,6	17,1±0,6	p=0,137
2-я группа	14,5±0,5	15,4±0,6	16,5±0,6*	p=0,015
3-я группа	16,1±1,0	17,1±1,0	17,6±1,0	p=0,106

Продолжительность задержки дыхания (Проба Штанге), с				
1-я группа	30,2±2,2	31,4±3,5	27,4±2,4	p=0,449
2-я группа	35,7±2,4	30,3±2,9	26,5±2,1*	p=0,003
3-я группа	38,2±3,1	31,4±3,5	31,3±4,0	p=0,198
ИУГ, усл.ед.				
1-я группа	1,48±0,10	1,65±0,17	1,74±0,16	p=0,282
2-я группа	1,27±0,13	1,68±0,17	1,82±0,19*	p=0,002
3-я группа	1,11±0,10	1,56±0,21	1,77±0,32*	p=0,049

Примечание: \* - отмечены статистически значимые различия по сравнению исходными уровнями (p<0,05)

Note: \* - statistically significant differences compared to baseline levels (p<0.05) were noted

В динамике артериального давления в первой группе работников со стажем работы до 10 лет существенных различий не выявлено. Во второй группе уровни как САД, так и ДАД имели тенденцию к снижению, однако различия не достигали статистической значимости. Аналогичная картина была отмечена и в группе работников со стажем более 21 года.

Среднегрупповые исходные значения КВ ССС в первой и третьей группах превышали физиологическую норму и в процессе работы имели тенденцию к незначительному увеличению. Во второй группе работников со стажем работы 11-20 лет, дорабочее и дообеденное значения КВ ССС не выходили за пределы нормы, но к концу рабочей смены оно статистически значимо возросло (p=0,015).

При анализе резервных возможностей кардиореспираторной системы выявлено, что продолжительность задержки дыхания на вдохе в течение рабочей смены постепенно снижалась. В первой группе снижение показателя (на 9,3%) было зарегистрировано лишь к концу смены. У лиц второй группы оно составило до обеда 15,1% и к концу рабочей смены 25,8% (p=0,003), в третьей – 17,8% и 18,1% соответственно.

Значения индекса устойчивости к гипоксии до работы у работников всех стажевых групп превышали оптимальное значение ( $\leq 1,0$ ), повышаясь в динамике рабочего дня. В первой группе к обеденному перерыву его увеличение составило 11,5%, к концу смены - 17,6%, во второй группе - 32,3% и 37% (p=0,002), и в третьей группе - 40,5% и 59,5% (p=0,049) соответственно.

При оценке показателей функционального состояния нервно-мышечного аппарата овощеводов в динамике рабочей смены установлено, что мышечная сила кистей рук к концу рабочей смены имела тенденцию к снижению у всех обследованных, однако изменения среднегрупповых уровней не достигали статистической значимости (табл. 2).

Таблица 2

Изменение показателей функционального состояния нервно-мышечного аппарата в динамике рабочей смены у овощеводов в зависимости от стажа работы ( $M \pm m$ )

Table 2

Changes in indicators of the functional state of the neuromuscular apparatus in the dynamics of the work shift in vegetable growers, depending on the length of service ( $M \pm m$ )

Группы овощеводов	Левая рука			Правая рука		
	до начала смены	до начала обеда	до конце смены	до начала смены	до обеда	до конце смены
<b>Максимальная сила мышц кистей рук, кг</b>						
1-я группа	29,3±0,9	28,5±0,9	27,7±1,2	30,8±1,1	30,4±1,1	29,0±1,1
2-я группа	28,7±0,9	28,1±0,7	27,6±0,9	30,1±0,9	29,1±0,8	28,6±1,1
3-я группа	30,1±1,0	29,4±1,1	29,7±1,2	30,4±1,5	29,7±1,2	28,6±1,1
<b>Выносливость мышц кистей рук к статическим усилиям, с</b>						
1-я группа	3,9±0,7	2,6±0,3	2,7±0,3	2,7±0,4	2,4±0,4	2,2±0,3
2-я группа	4,2±1,3	2,5±0,3	2,2±0,3*	3,1±0,7	2,1±0,3	2,6±0,6
3-я группа	2,9±0,3	3,1±0,7	2,9±0,7	1,7±0,5	2,8±0,6*	1,7±0,2

Примечание: статистически значимое различие среднегрупповых показателей по сравнению с началом смены:

\*  $p < 0,05$

Note: statistically significant difference in mean group indicators compared to the beginning of the shift: \*  $p < 0.05$

Выносливость мышц кистей рук к статическим усилиям в динамике рабочей смены снижалась у работников 1-й и 2-й стажевых групп. В первой группе различие ее значений между началом и концом рабочей смены составило 30,7% и 18,5% для левой и правой рук соответственно, не достигая статистической значимости. Во 2-й группе выявлено более выраженное его снижение к концу смены – на 47,6% для левой ( $p=0,049$ ) и на 16,1% для правой руки. У работников 3-й группы значение данного показателя к обеденному перерыву увеличивалось, особенно выраженное увеличение (на 64,7%) отмечено для правой руки ( $p=0,028$ ), однако к концу рабочей смены уровни выносливости обеих рук возвращались к исходным уровням.

**Обсуждение.** Проведенные исследования показали, что трудовая деятельность овощеводов защищенного грунта, выполняющаяся в условиях воздействия комплекса неблагоприятных производственных факторов, вызывает закономерные изменения функционального состояния организма, проявляющиеся в напряжении функций кардиореспираторной системы и снижении мышечной работоспособности, которые могут свидетельствовать о развитии производственного утомления и снижении адаптационно-компенсаторных возможностей организма к концу рабочей смены [18].

Естественная реакция ССС организма на физическую нагрузку увеличением частоты сердечных сокращений была отмечена наряду со снижением систолического и диастолического артериального давления во 2-й и 3-й группах, что можно расценить как признак нарушения у обследованных работников со стажем в профессии более 10 лет

компенсаторных механизмов системы кровообращения. Повышенные дорабочие уровни коэффициента выносливости ССС у лиц со стажем работы до 10 лет и более 21 года могут свидетельствовать о напряжении функций системы кровообращения и их не восстановлении в период отдыха между сменами.

Изменения показателей кардиореспираторной системы свидетельствовали о напряжении механизмов регуляции в динамике рабочей смены, проявляющегося в снижении времени задержки дыхания на вдохе и увеличении индекса устойчивости к гипоксии.

Максимальная сила и выносливость мышц кистей рук к статическому усилию к концу смены более выражено снижались у работников 1-й и 2-й групп, что указывало на понижение мышечной работоспособности в динамике смены, свидетельствуя о том, что физическое перенапряжение при трудовой нагрузке, связанной с работой вручную, ведет к перенапряжению нервно-мышечного аппарата, способного со временем привести к профессиональной нетрудоспособности в отношении определенных видов физического труда [19].

Наиболее выраженные изменения показателей функционального состояния кардиореспираторной системы и нервно-мышечного аппарата у работников 2-й группы с профессиональным стажем 11-20 лет могут быть связаны с развитием перенапряжения механизмов адаптации и преморбидных состояний и свидетельствовать о проявлении негативного воздействия вредных производственных факторов [20, 21].

Более благоприятное функциональное состояние у работников старшей возрастной группы можно расценивать как проявление «эффекта здорового рабочего», рассматриваемого как неорганизованный профессиональный отбор более здоровых работников, занятых во вредных условиях труда [22].

**Заключение.** Полученные данные свидетельствуют о том, что в процессе трудовой деятельности в условиях воздействия вредных факторов производственной среды и трудового процесса у овощеводов защищенного грунта наблюдаются нарушения функционального состояния кардиореспираторной системы и нервно-мышечного аппарата. С увеличением профессионального стажа более 10 лет происходит перенапряжение механизмов адаптации, которое может проявиться в развитии преморбидных состояний, что следует учитывать при разработке мер профилактики нарушений здоровья у работников овощеводства защищенного грунта.

#### **Список литературы:**

1. Воронин Б.А., Чупина И.П., Воронина Я.В., Зарубина Е.В., Симачкова Н.Н. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации как комплексный акт государственного управления. Образование и право. 2020; 12: 149-155.
2. Состояние условий труда работников организаций по отдельным видам экономической деятельности по Российской Федерации. 2020. – URL: [https://rosstat.gov.ru/working\\_conditions?print=1](https://rosstat.gov.ru/working_conditions?print=1) (дата обращения 01.04.2022).

3. Бухтияров И.В. Современное состояние и основные направления сохранения и укрепления здоровья работающего населения России. Медицина труда и промышленная экология 2019; 59(9): 527-32. DOI: 10.31089/1026-9428-2019-59-9-527-532.
4. Мигачева А.Г., Новикова Т.А., Спиринов В.Ф., Шляпников Д.М. Априорная оценка профессионального риска здоровью овощеводов защищенного грунта. Анализ риска здоровью. 2017; 3: 101-109. DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.12.
5. Яценко Л.А., Борисов Н.А., Клепиков О.В. Гигиеническая оценка факторов профессионального риска для здоровья работников тепличного хозяйства. Санитарный врач. 2018; 10: 45–54.
6. Tefera Y.M., Thredgold L., Pisaniello D., Gaskin S. The greenhouse work environment: a modifier of occupational pesticide exposure? JEnvironSciHealthB. 2019; 54(10): 817-831. DOI: 10.1080/03601234.2019.1634972.
7. Kongtip P., Nankongnab N., Mahaboonpeeti R., Bootsikeaw S., Batsungnoen K., Hanchenlaksh C. et al. Differences among Thai Agricultural Workers' Health, Working Conditions, and Pesticide Use by Farm Type. AnnWorkExpoHealth. 2018 Feb 13; 62(2): 167-181. DOI: 10.1093/annweh/wxx099.
8. Мигачева А.Г., Новикова Т.А., Спиринов В.Ф. Влияние тяжести трудового процесса на формирование нарушений здоровья овощеводов защищенного грунта. Гигиена и санитария. 2021; 100(6): 598-604. DOI: 10.47470/0016-9900-2021-100-6-598-604
9. Клепиков О.В., Мамчик Н.П., Габбасова Н.В., Калашников Ю.С. Влияние условий труда на состояние здоровья рабочих в тепличном производстве. Медицина труда и промышленная экология. 2016; 7: 21–5.
10. Баевский Р.М., Берснева А.П. Введение в донозологическую диагностику. М.: Слово; 2008.
11. Власова Е.М., Алексеев В.Б. Особенности костно-мышечной патологии в зависимости от уровня физической нагрузки у работников. Медицина труда и промышленная экология. 2012; 12: 36-39.
12. Солонин Ю.Г. Нормирование физического напряжения при труде. Новосибирск: АНС «СибАК». 2017; 180.
13. Goncharenko I.M., Komleva N.E., Chekhonatsky A.A. Lower back pain at workplace: prevalence and risk factors. Russian Open Medical Journal. 2020; 2: 207.
14. Zheng W.J., Yao H.Y., Liu J.J., Wang K. Prevalence of musculoskeletal disorders and related factors in female greenhouse workers in Shandong province. Zhonghua Liu Xing Bing Xue Za Zhi. 2018; 39(9):1206-1209. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2018.09.012.
15. Клинические рекомендации. Артериальная гипертензия у взрослых. 2020; 135 с. - URL: [https://cr.minzdrav.gov.ru/schema/62\\_2](https://cr.minzdrav.gov.ru/schema/62_2) (дата обращения 11.04.2022).
16. Иванов С.А., Невзорова Е.В., Гулин А.В. Количественная оценка функциональных возможностей сердечно-сосудистой системы. Вестник Тамбовского университета. Серия: естественные и технические науки. 2017; 22(6): 1535.

17. Хазова И.В., Шошмин А.В., Девятова О.Ф. Полифункциональное психофизиологическое тестирование в оценке функционирования, ограничений жизнедеятельности и здоровья. Методические указания. ФГУ «СПб НЦЭПР им. Г. А. Альбрехта ФМБА России»; 2011.
18. Федорович Г.В. Тяжелый труд в нагревающей среде. Безопасность и охрана труда. 2017; 2: 54–61.
19. Шардакова Э.Ф., Юшкова О.И., Елизарова В.В., Лагутина Г.Н. Физиологическая оценка физических и нервно-психических перегрузок в медицине труда. Вестник Тверского государственного университета. Серия: Биология и экология. 2018; 3: 7-20.
20. Rosenthal T., Alter A. Occupational stress and hypertension. *JAmSocHypertens.* 2012 Jan-Feb; 6(1): 2-22. DOI: 10.1016/j.jash.2011.09.002.
21. Hulshof C.T., Pega F., Neupane S., Van der Molen H.F., Colosio C., Daams J.G., et al. The prevalence of occupational exposure to ergonomic risk factors: A systematic review and meta-analysis from the WHO/ILO Joint Estimates of the Work-related Burden of Disease and Injury. *EnvironInt.* 2021 Jan; 146: 106157. DOI: 10.1016/j.envint.2020.106157.
22. Трубецков А.Д., Мигачева А.Г., Старшов А.М. Состояние здоровья уволившихся работников тепличных хозяйств. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016; 4-2: 383-385.

#### References:

1. Voronin B.A., Снупина I.P., Voronina Y.A. V. The doctrine of food security of the Russian Federation as a complex act of public administration. *Образование и право.* 2020; 12: 149-155.
2. The state of working conditions of employees of organizations for certain types of economic activity in the Russian Federation. 2020. – URL: [https://rosstat.gov.ru/working\\_conditions?print=1](https://rosstat.gov.ru/working_conditions?print=1) (Accessed 01.04.2022).
3. Bukhtiyarov I.V. Current state and main directions of preservation and strengthening of health of the working population of Russia. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya.* 2019; 59(9): 527-32. DOI: 10.31089/1026-9428-2019-59-9-527-532.
4. Migacheva A.G., Novikova T.A., Spirin V.F., Shlyapnikov D.M. Apriori assessment of occupational health risk for vegetable growers of protected soil. *Analiz riska zdorov'yu.* 2017; 3: 101-109. DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.12
5. Yatsenko L.A., Borisov N.A., Klepikov O.V. Hygienic assessment of occupational risk factors for the health of greenhouse workers. *Sanitarny vrach.* 2018; 10: 45–54.
6. Tefera Y.M., Thredgold L., Pisaniello D., Gaskin S. The greenhouse work environment: a modifier of occupational pesticide exposure? *J Environ Sci Health B.* 2019;54(10):817-831. DOI: 10.1080/03601234.2019.1634972.
7. Kongtip P., Nankongnab N., Mahaboonpeeti R., Bootsikeaw S., Batsungnoen K, Hanchenlaksh C., et al. Differences among Thai Agricultural Workers' Health, Working Conditions, and Pesticide Use by Farm Type. *Ann Work Expo Health.* 2018 Feb 13;62(2):167-181. DOI: 10.1093/annweh/wxx099.
8. Migacheva A.G., Novikova T.A., Spirin V.F. The impact of the labor process severity on the formation of health disorders of protected ground grower. *Gigiena i Sanitarya.* 2021;100(6):598-604. DOI: 10.47470/0016-9900-2021-100-6-598-604.

9. Klepikov O.V., Mamchik N.P., Gabbasova N.V., Kalashnikov Yu.S. The influence of working conditions on the health of workers in greenhouse production. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2016; 7: 21–5.
10. Baevskiy R.M., Bersneva A.P. Introduction to Prenosological Diagnostics. Moscow: Slovo; 2008.
11. Vlasova E. M., Alekseev V. B. Features of musculoskeletal pathology depending on the level of physical activity in workers. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2012; 12: 36-39.
12. Solonin Yu.G. Normalization of physical stress during labor. Novosibirsk: ANS «SibAK». 2017; 180.
13. Goncharenko I.M., Komleva N.E., Chekhonatsky A.A. Lower back pain at workplace: prevalence and risk factors. *Rossiisky Otkrytyi Meditsinskiy Zhurnal*. 2020; 2: 207.
14. Zheng W.J., Yao H.Y., Liu J.J., Wang K. Prevalence of musculoskeletal disorders and related factors in female greenhouse workers in Shandong province. *Zhonghua Liu Xing Bing Xue Za Zhi*. 2018; 39(9): 1206-9. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2018.09.012.
15. Clinical recommendations Arterial hypertension in adults. 2020. 135 p. - URL: [https://cr.minzdrav.gov.ru/schema/62\\_2](https://cr.minzdrav.gov.ru/schema/62_2)(Accessed 11.04.2022)
16. Ivanov S.A., Nevzorova E.V., Gulin A.V. Quantitative assessment of the functional capabilities of the cardiovascular system. *Vestnik Tambovskogo Universiteta. Series: Estestvennye i tekhnicheskie nauki*. 2017; 22(6): 1535-40.
17. Khazova I.V., Shoshmin A.V., Devyatova O.F. Multifunctional psychophysiological testing in the assessment of functioning, disability and health. *Methodical instructions. FSU St. Petersburg NCEPR imeni G. A. Albrechta FMBA Rossii*; 2011.
18. Fedorovich G.V. Hard work in a heating environment. *Bezopasnost' i okhrana truda*. 2017; 2: 54–61.
19. Shardakova E.F., Yushkova O.I., Elizarova V.V., Lagutina G.N. Physiological assessment of physical and neuropsychiatric overloads in occupational medicine. *Vestnik Tverskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Series: Biologiya i Ekologiya*. 2018; 3: 7-20.
20. Rosenthal T., Alter A. Occupational stress and hypertension. *J Am Soc Hypertens*. 2012 Jan-Feb; 6(1): 2-22. DOI: 10.1016/j.jash.2011.09.002.
21. Hulshof C.T., Pega F., Neupane S., Van der Molen H.F., Colosio C., Daams J.G., et al. The prevalence of occupational exposure to ergonomic risk factors: A systematic review and meta-analysis from the WHO/ILO Joint Estimates of the Work-related Burden of Disease and Injury. *Environ Int*. 2021 Jan; 146:106157. DOI 10.1016/j.envint.2020.106157.
22. Trubetskov A.D., Migacheva A.G., Starshov A.M. Health status of retired greenhouse workers. *Mezhdunarodny Zhurnal Prikladnykh i Fundamentalnykh Issledovaniy*. 2016; 4-2: 383-385.

Поступила/Received: 14.04.2022

Принята в печать/Accepted: 05.05.2022

УДК 616-084

## СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ РАБОТНИКОВ ПРОИЗВОДСТВА БУТИЛОВОГО КАУЧУКА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПЕРИОДИЧЕСКОГО МЕДИЦИНСКОГО ОСМОТРА

Галимова Р.Р.<sup>1,2</sup>, Кудояров Э.Р.<sup>1</sup>, Бакиров А.Б.<sup>1,2</sup>, Каримова Л.К.<sup>1</sup>, Валеева Э.Т.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», Уфа, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России,  
Уфа, Россия

*В статье оценено состояние здоровья работников производства бутилового каучука по результатам периодического медицинского осмотра.*

*Из общего числа работников, прошедших периодический медицинский осмотр, только 20,2% были признаны практически здоровыми. Большинство работников (79,8%) имело хронические неинфекционные заболевания. Острые случаи неинфекционных заболеваний не выявлены.*

*Наиболее значимыми хроническими неинфекционными заболеваниями среди работников производства бутилового каучука являются болезни системы кровообращения (51,8%), костно-мышечной системы (36,3%), болезни уха и сосцевидного отростка (16,4%), болезни органов пищеварения (9,3%). При повышении возраста и стажа наблюдалось увеличение процента работников с заболеваниями системы кровообращения, костно-мышечной системы, органов слуха, пищеварительной и нервной систем организма. На основании проведенного исследования состояния здоровья разработаны медико-профилактические рекомендации для работников производства бутилового каучука.*

**Ключевые слова:** химический фактор, нефтехимическое производство, вредные условия труда, периодический медицинский осмотр, работник, здоровье.

**Для цитирования:** Галимова Р.Р., Кудояров Э.Р., Бакиров А.Б., Каримова Л.К., Валеева Э.Т. Состояние здоровья работников производства бутилового каучука по результатам периодического медицинского осмотра. Медицина труда и экология человека. 2022;2:75-83.

**Для корреспонденции:** Галимова Расима Расиховна, старший научный сотрудник отдела медицины труда, к.м.н. E-mail: rasima75@mail.ru.

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

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

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2022-10206>

## THE HEALTH STATUS OF BUTYL RUBBER WORKERS ACCORDING TO THE RESULTS OF THE PERIODIC MEDICAL EXAMINATION

Galimova R.R.<sup>1,2</sup>, Kudoyarov E.R.<sup>1</sup>, Bakirov A.B.<sup>1,2</sup>, Karimova L.K.<sup>1</sup>, Valeeva E.T.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, Ufa, Russia

<sup>2</sup> Bashkirian State Medical University", Ufa, Russia

*The article is focused on the assessment of the health status of butyl rubber workers based on the results of a periodic medical examination.*

*Of the total number of workers who underwent periodic medical examinations, only 20.2% were found to be practically healthy. The majority of workers (79.8%) had chronic non-communicable diseases. Acute cases of non-communicable diseases have not been identified.*

*The most significant chronic non-communicable diseases among butyl rubber workers are diseases of the circulatory system (51.8%), diseases of the musculoskeletal system (36.3%), diseases of the ear and mastoid process (16.4%), diseases of the digestive system (9, 3%). With an increase in age and length of service, an increase in the percentage of workers with diseases of the circulatory system, musculoskeletal system, hearing organs, digestive and nervous systems of the body was observed. Based on the study of health status, medical and preventive recommendations were developed for butyl rubber workers.*

**Keywords:** *chemical factor, petrochemical production, hazardous working conditions, periodic medical examination, worker, health.*

**Citation:** *Galimova R.R., Kudoyarov E.R., Bakirov A.B., Karimova L.K., Valeeva E.T. The health status of nutyl rubber workers according to the results of the periodic medical examination. Occupational health and human ecology. 2022;2:75-83.*

**Correspondence:** *Galimova Rasima R., Senior Researcher, Department of Occupational Health, Ph.D. E-mail: rasima75@mail.ru*

**Financing:** *The study had no financial support.*

**Conflict of interest:** *The authors declare no conflict of interest.*

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2022-10206>

Производство синтетических каучуков относится к одной из ведущих подотраслей современного химического комплекса. В частности, бутиловые каучуки используются в производстве резиновых элементов автомобильных колес, шумо- и электрозащитных материалов, а также виброзащитного покрытия специального промышленного оборудования. Кроме того, бутиловые каучуки необходимы для изготовления медицинских изделий.

По материалам Федеральной службы государственной статистики, производство шин, покрышек и резиновых камер с 2016 по 2018 годы выросло с 60,1 до 67,5 миллионов штук в год (на 12,3%), что указывает на растущую потребность производства в таком сырьевом материале, как бутиловый каучук [1]. Увеличение трудовой нагрузки на работников, вовлеченных в производство бутилового каучука, связано с ростом количества произведенных резиновых изделий, что приводит к возрастанию воздействия производственных факторов, в том числе и химического [2].

Основными нормируемыми химическими веществами на производстве бутилового каучука являются предельные (алифатические) и непредельные углеводороды (олефины, в т.ч. изобутилен, этилен, 1,4-бутадиен), метил хлористый, ароматические углеводороды

(бензол, толуол), которые обладают общетоксическим, раздражающим, наркотическим и мутагенным действием и оказывают негативное влияние на здоровье работников.

Основной механизм для раннего выявления нарушений здоровья и своевременного оказания профилактических мер работникам состоит в проведении предварительных и периодических медосмотров [3]. Целью настоящего исследования является оценка состояния здоровья работников производства бутилового каучука по результатам периодического медицинского осмотра.

#### **Материалы и методы.**

Изучение состояния здоровья работников было проведено в рамках периодического медицинского осмотра работников в соответствии с приказом Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации №302н от 12 апреля 2011 года. Научное исследование выполнено в соответствии с Хельсинской декларацией Всемирной медицинской ассоциации 2013 г. В обследование вошли 779 работников производства бутилового каучука. Среди осмотренных работников преобладали мужчины (76,0%). Работники женского пола составили 24,0%. Работники, прошедшие медосмотр, были разделены на 4 возрастные группы (от 20 до 29 лет; от 30 до 39 лет; от 40 до 49 лет; старше 50 лет). Преобладающее число работников было отнесено к возрастным группам от 40 до 49 лет (48,0%) и от 50 лет и старше (24,1%). Возраст от 30 до 39 лет имели 14,5% работников. Остальные работники (13,4%) вошли в возрастной диапазон от 20 до 29 лет. Также работники были распределены по 4 группам в зависимости от имеющегося профессионального стажа. Стаж работы 15 и более лет имели 48,5% работников. Профессиональный стаж до 5 лет имели 16,8% работников, от 5 до 10 лет – 19,0%, от 10 до 15 лет – 15,7% обследованных.

К профессиям работников, постоянно контактирующих с химическими веществами, относятся слесари по ремонту технологического оборудования (слесари РТО – 31,3%), аппаратчики (24,0%) и машинисты компрессорных установок (машинисты КУ – 9,5%). Работники, которые не контактируют с химическими веществами, представлены комплектовщиками, упаковщиками, грузчиками, уборщиками (17,8%) и административными работниками (17,3%).

Диагностику заболеваний осуществляли в соответствии с Международной классификацией болезней десятого пересмотра с учетом анамнеза, жалоб, данных медицинского осмотра, амбулаторных карт и результатов функциональных и лабораторных исследований [4].

#### **Результаты.**

Из общего числа работников, прошедших периодический медицинский осмотр, только 20,2% были признаны практически здоровыми. Большинство работников (79,8%) имели хронические неинфекционные заболевания. Острые случаи неинфекционных заболеваний не выявлены.

У каждого второго (51,8%) работника диагностированы болезни кровообращения, у каждого третьего (36,3%) работника – болезни костно-мышечной системы и соединительных тканей. Болезни органов слуха и сосцевидного отростка диагностированы у 16,4%

работников, болезни органов пищеварения – у 9,3%, болезни нервной системы – у 6,8% обследованных лиц. Сравнительно редко диагностированы болезни крови (3,9%), эндокринной системы (0,8%) и органов дыхания (0,6%).

Распределение хронических неинфекционных заболеваний у работников производства бутилового каучука в зависимости от стажа представлено в таблице 1.

Таблица 1

**Распределение хронических неинфекционных заболеваний у работников производства бутилового каучука, %**

Table 1

**Distribution of chronic non-communicable diseases among butyl rubber workers, %**

Наименование болезней по МКБ-10	Стаж, лет			
	До 5	От 5 до 10	От 10 до 15	От 15 и более
Болезни системы кровообращения	7,9	13,4	42,9	80,9
Болезни костно-мышечной системы и соединительных тканей	21,1	27,6	38,1	43,0
Болезни нервной системы	2,6	3,1	5,7	9,6
Болезни крови	1,3	2,4	3,8	5,1
Болезни уха и сосцевидного отростка	13,2	15,0	15,2	18,2
Болезни органов пищеварения	3,9	7,1	9,5	11,5
Болезни органов дыхания	-	-	1,9	0,6
Болезни эндокринной системы	-	-	-	1,6

В исследованной выборке у лиц со стажем до 5 лет преобладали болезни костно-мышечной системы и соединительных тканей, болезни уха и сосцевидного отростка, болезни кровообращения. При стаже от 5 до 10 лет наряду с увеличением частот по упомянутым трем группам (на 6,5, 1,8 и 5,5%, соответственно) наблюдалось повышение встречаемости болезней органов пищеварения, крови и нервной системы (на 3,2, 0,9 и 0,5% соответственно). Однако частотность всех 6 наименований болезней у работников при стаже от 5 до 10 лет были ниже, чем при стаже от 10 до 15 лет.

Болезни органов дыхания не встречались при стаже работников до 10 лет и были представлены в основном у лиц со стажем от 10 до 15 лет (1,9%). Болезни эндокринной системы представлены только у лиц со стажем более 15 лет (1,6%).

Для работников с профессиональным стажем более 15 лет характерно наличие самых высоких частот болезней системы кровообращения, костно-мышечной системы и соединительных тканей, нервной системы, уха и сосцевидного отростка, органов

пищеварения, по сравнению с аналогичными показателями в других стажевых группах. Болезни системы кровообращения, костно-мышечной системы и соединительных тканей, уха и сосцевидного отростка у них занимали первую, вторую и третью позиции в порядке убывания частоты. У лиц с профессиональным стажем более 15 лет частоты болезней по трем перечисленным группам были больше на 38,0, 4,9 и 3,0% соответственно, чем у лиц со стажем от 10 до 15 лет. Аналогичная тенденция наблюдалась среди частот болезней органов пищеварения, нервной системы и крови. Так, у лиц со стажем более 15 лет частоты перечисленных групп болезней были выше на 2,0, 3,9 и 1,3% соответственно, по сравнению с аналогичными при стаже от 10 до 15 лет.

Распределение хронических неинфекционных заболеваний у работников производства бутилового каучука в зависимости от возраста представлено в таблице 2.

Таблица 2

**Распределение хронических неинфекционных заболеваний у работников производства бутилового каучука по возрасту, %**

Table 2

**Distribution of chronic non-communicable diseases among butyl rubber workers according to age, %**

Наименование болезней по МКБ-10	Возраст, лет			
	От 20 до 29	От 30 до 39	От 40 до 49	От 50 и более
Болезни системы кровообращения	1,9	18,9	50,3	85,4
Болезни костно-мышечной системы и соединительных тканей	13,5	35,1	35,5	45,7
Болезни нервной системы	3,8	5,4	6,3	9,1
Болезни крови	1,9	2,7	3,9	4,9
Болезни уха и сосцевидного отростка	3,8	9,5	14,5	27,4
Болезни органов пищеварения	1,9	6,8	6,9	17,7
Болезни органов дыхания	-	-	0,8	0,5
Болезни эндокринной системы	-	-	-	2,7

В группе лиц от 20 до 29 лет наиболее распространенными были болезни костно-мышечной системы и соединительных тканей. У них также встречались болезни нервной системы, уха и сосцевидного отростка, системы кровообращения, крови и органов пищеварения. Болезни органов дыхания и эндокринной системы отсутствовали. В целом группа работников от 20 до 29 лет по 6 группам заболеваний имела наименьшие частоты среди всех возрастных диапазонов.

У работников от 30 до 39 лет чаще встречались 6 групп болезней, по сравнению с самой младшей возрастной группой. Так, по сравнению с работниками от 20 до 29 лет, частота болезней костно-мышечной системы была повышена на 21,6%, системы кровообращения – на 17,0%, уха и сосцевидного отростка – на 5,7%, органов пищеварения –

на 4,9%, нервной системы и крови – на 1,6 и 0,8% соответственно. Болезни органов дыхания и эндокринной системы не встречались.

У работников от 40 до 49 лет также наблюдалось повышение частот встречаемости тех же 6 групп болезней, по сравнению с работниками на 10 лет младше, но имелись особенности распределения. Так, по сравнению с работниками от 30 до 39 лет, частота болезней системы кровообращения была повышена на 31,4%, уха и сосцевидного отростка – на 5,0%, крови – на 1,2%, нервной системы – 0,9%, а болезней костно-мышечной системы и органов пищеварения лишь – на 0,4 и 0,1% соответственно. Болезни органов дыхания есть у 0,8% работников. Болезни эндокринной системы отсутствовали.

У работников самой старшей возрастной группы были распространены (в порядке убывания внутригрупповой частоты) болезни системы кровообращения, болезни костно-мышечной системы, уха и сосцевидного отростка, органов пищеварения. Значения по распределению перечисленных 4 групп заболеваний являлись самыми высокими, по сравнению с остальными возрастными группами. Менее распространенными по сравнению с остальными группами заболеваний у лиц старше 50 лет были болезни нервной системы, крови, эндокринной системы и органов дыхания. Однако по частотам болезни нервной системы и крови работники исследуемой группы были лидерами среди остальных возрастных групп. Болезни эндокринной системы (2,7%) встречались только в самой старшей возрастной группе.

Таким образом, как по мере увеличения стажа работы, так и возраста работников отмечено повышение частот болезней системы кровообращения, костно-мышечной системы, органов слуха и сосцевидного отростка, органов пищеварения, нервной системы и крови.

Болезни системы кровообращения работников были представлены артериальной гипертензией I-II стадии в 33,9% случаев, сосудистыми заболеваниями головного мозга в 15,1% случаев и ишемической болезнью сердца в 2,7% случаев.

Гипертоническая болезнь у работников была представлена первой (22,2%) и второй стадией (11,7%). Данный диагноз чаще всего ставился работникам от 50 лет и старше (61,6%) и работникам, имеющим стаж более 15 лет (43,3%).

Ишемическая болезнь сердца (ИБС) встречалась в 2,7% случаев и была представлена следующими вариантами: стенокардия напряжения – 1,8%, постинфарктный кардиосклероз – 0,5%, аритмический вариант – 0,5%. Все случаи ИБС регистрировались лишь у мужчин старше 40 лет (у 40-49 лет – 1,8%, у 50 лет и старше – 6,7%).

Болезни сосудов головного мозга выявлены у 15,1% работников и в основном представлены начальными проявлениями недостаточности мозгового кровообращения. Данная патология встречалась у работников старше 40 лет. Работники, имеющие самый длительный стаж, по сравнению с трудящимися менее 5 лет, имели частоту сосудистых заболеваний головного мозга в 8,1 раза выше (21,0 и 2,6% соответственно).

Из болезней костно-мышечной системы и соединительных тканей у работников преобладали вертеброгенные дорсалгии (люмбалгии, цервикалгии) (32,8%), вертеброгенные радикулопатии шейного или поясничного уровней (1,1%), артрозы и периартрозы (2,4%).

Среди болезней уха и сосцевидного отростка диагностированы нейросенсорная (14,0%) и кондуктивная (2,5%) тугоухость. Признаки воздействия шума выявлены у 5,2% обследованных лиц. По сравнению с другими профессиями, чаще всего нарушения слуха диагностированы у слесарей РТО (28,6%) и аппаратчиков (19,8%). По мере увеличения профессионального стажа замечено повышение процента работников с нарушениями слуха.

Болезни органов пищеварения были представлены патологией гепатобилиарной системы (хронический холецистит, дискинезия желчевыводящих путей) и язвенной болезнью желудка и 12-перстной кишки. По сведениям литературы, при воздействии химических веществ общего и гепатотоксичного действия в нефтехимических производствах наиболее часто поражается печень, что характеризуется цитотоксическими и холестатическими нарушениями ее функции [5, 6, 7, 8]. Поскольку работники имели контакт с химическими веществами гепатотропного действия, нами была проведена оценка распределения патологии гепатобилиарной системы (7,4% случаев среди всех работников с заболеваниями). Дискинезия желчевыводящих путей диагностирована в 6,1% случаев, хронический холецистит – в 1,3% случаев. Установлено, что болезни гепатобилиарной системы диагностированы чаще всего у слесарей РТО (11,5%), реже у машинистов компрессорных установок (6,8%) и аппаратчиков (7,0%).

Распределение язвенной болезни желудка и 12-перстной кишки зависело от стажа и возраста. Так, среди молодых лиц (20-29 лет) данная патология встречалась в 1,9% случаев, а у лиц 50 лет и старше - в 7,9% случаев. При профессиональном стаже работы до 10 лет заболевания желудка и 12-перстной кишки выявлены в 4,9%, а у работников со стажем более 10 лет – в 6,0% случаев.

Болезни нервной системы выявлены у 6,8% обследованных. У работников (особенно у слесарей РТО и аппаратчиков) болезни нервной системы представлены расстройствами вегетативной нервной системы сегментарного уровня, при которых выявлены локальные вегетативные нарушения (преимущественно в плечевом поясе): гипергидроз, гипотермия, мраморность кистей, снижение поверхностной чувствительности в кистях.

Показатели общего анализа крови у обследованных работников находились в пределах нормальных величин и не отличались от физиологической нормы здорового человека. Пониженное содержание гемоглобина крови (анемия) у мужчин (ниже 130 г/л) выявлено в 0,8%, у женщин (ниже 120 г/л) – 3,1% случаев.

**Заключение.** В настоящем исследовании показано, что приоритетными классами хронических неинфекционных заболеваний у работников являлись болезни системы кровообращения и костно-мышечной системы, которые были диагностированы у каждого второго и третьего работника соответственно. Болезни органов пищеварения, нервной системы, органов слуха были диагностированы у значительно меньшего числа работников. При повышении возраста и стажа наблюдалось увеличение процента работников с заболеваниями системы кровообращения, костно-мышечной системы, органов слуха, пищеварительной и нервной систем организма. Также следует выделить группу работников с болезнями гепатобилиарной системы (7,4%) в связи с наличием контакта на производстве бутилового каучука с вредными химическими веществами общетоксического и

гепатотропного действия. На основании проведенного исследования по состоянию здоровья были разработаны медико-профилактические рекомендации для работников производства бутилового каучука.

#### Список литературы:

1. Российский статистический ежегодник. 2019: Стат. сб. (ред. кол. под рук. П.В. Малкова). М.; 2019.
2. Потапов А.И., Малечик Н.П., Механтьев И.И. Состояние здоровья работающих при производстве синтетического каучука. Актуальные проблемы обеспечения санэпидблагополучия в регионах Центральной России: материалы науч.-практ. конф. Белгород; 2000. 553.
3. Бухтияров И.В., Прокопенко Л.В., Кузьмина Л.П. Формирование производственно обусловленных заболеваний у работников, занятых в современных видах экономической деятельности. Актуальные проблемы безопасности и анализа риска здоровью населения при воздействии факторов среды обитания: материалы VII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Пермь; 2016. 27-36.
4. Всемирная организация здравоохранения. Международная статистическая классификация болезней и проблем, связанных со здоровьем 10-го пересмотра, онлайн-версия, 2019. Режим доступа URL: <https://mkb-10.com/> (дата запроса 08.04.2022).
5. Мышкин В.А., Бакиров А.Б. Окислительный стресс и повреждение печени при химических воздействиях. Уфа; 2010.
6. Wahlang B., Beier J.I., Clair H.B., Bellis-Jones H.J., Falkner K.C., McClain C.J., Cave M.C. Toxicant-associated steatohepatitis. *Toxicol. Pathol.* 2013; 41(2):343-360. DOI: 10.1177/0192623312468517
7. Валеева Э.Т., Бакиров А.Б., Каримова Л.К. Профессиональный риск здоровью работников отдельных производств химической промышленности. Уфа; 2015.
8. Гимаева З.Ф., Каримова Л.К., Гизатуллина Д.Ф., Галимова Р.Р., Газизова Н.Р. Влияние условий труда на формирование хронических неинфекционных заболеваний у работников производства синтетического изопренового каучука и их профилактика. *Общественное здоровье и здравоохранение.* 2017; №1:43-47.

#### References:

1. Russian statistical yearbook. 2019: Stat. col. (Ed. by P.V. Malkov). M.; 2019. (in Russian).
2. Potapov A.I., Malechik N.P., Mekhantiev I.I. The health status of synthetic rubber workers. Actual problems of ensuring sanitary and epidemiological well-being in the regions of Central Russia: proceedings of scientific-practical. conf. Belgorod; 2000. 553. (in Russian).
3. Bukhtiyarov I.V., Prokopenko L.V., Kuzmina L.P. Development of work-related diseases in workers of modern types of economic activity. Actual problems of safety and analysis of the risk to public health under the influence of environmental factors: proceedings of the VII All-Russian scientific-practical conf. with international participation. Perm; 2016. 27-36. (in Russian).

4. World Health Organization. International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems, 10th revision, online version, 2019. URL access mode: <https://mkb-10.com/> (requested 04/08/2022). (in Russian).
5. Myshkin V.A., Bakirov A.B. Oxidative stress and liver damage from chemical exposures. Ufa; 2010. (in Russian).
6. Wahlang B., Beier J.I., Clair H.B., Bellis-Jones H.J., Falkner K.C., McClain C.J., Cave M.C. Toxicant-associated steatohepatitis. *Toxicol. Pathol.* 2013; 41(2):343-360. DOI: 10.1177/0192623312468517
7. Valeeva E.T., Bakirov A.B., Karimova L.K. Occupational risk to the health of workers in certain chemical industries. Ufa; 2015. (in Russian).
8. Guimaeva Z.F., Karimova L.K., Guizatullina D.F., Galimova R.R., Gazizova N.R. Influence of working conditions on the development of chronic non-communicable disease among workers of synthetic isoprene rubber and diseases' prevention. *Obshchestvennoe zdorov'e i zdravookhranenie.* 2017;N.1: 43-47. (in Russian).

Поступила/Received: 12.05.2022

Принята в печать/Accepted: 16.05.2022

УДК 616.63/.64:614.715

**РЕПРЕЗЕНТАТИВНОСТЬ МАКСИМАЛЬНО РАЗОВЫХ  
КОНЦЕНТРАЦИЙ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ  
КРУПНОГО НАСЕЛЕННОГО ПУНКТА ПРИ ДОЛГОСРОЧНОМ АНАЛИЗЕ ВЛИЯНИЯ  
ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ**

Держинская Н.А.<sup>1</sup>, Гиндюк Л.Л.<sup>1</sup>, Гиндюк А.В.<sup>1</sup>, Сысоева И.В.<sup>1</sup>, Крупская Д.А.<sup>2</sup>, Урбан Ю.Е.<sup>2</sup>,  
Ермак С.Л.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>УО «Белорусский государственный медицинский университет», Минск, Беларусь

<sup>2</sup>ГУ «Минский городской центр гигиены и эпидемиологии», Минск, Беларусь

*В настоящее время широко распространены исследования влияния загрязнения атмосферного воздуха на состояние здоровья, при этом на практике чаще осуществляется контроль за максимально разовыми концентрациями веществ, в то время как при долгосрочном анализе влияния загрязнения на здоровье приоритетными являются концентрации более длительных периодов осреднения.*

**Цель** исследования – установить и проанализировать взаимосвязь между максимальными и осредненными максимально разовыми концентрациями загрязняющих химических веществ в атмосферном воздухе г. Минска за 2009-2018 гг. и первичной заболеваемостью бронхиальной астмой детского населения, в том числе с развитием астматического статуса.

**Материалы и методы:** изучены данные с 40 маршрутных постов мониторинга качества атмосферного воздуха и первичная заболеваемость детского населения г. Минска бронхиальной астмой за 2009-2018 гг. В ходе исследования использованы лабораторно-инструментальный, ретроспективный эпидемиологический анализ, статистические методы.

**Результаты:** полученные результаты показали, что несмотря на то, что максимальные значения максимально разовых концентраций отражают картину загрязнения атмосферного воздуха в момент отбора пробы, они имеют схожие колебания, направление и выраженность тенденции с осредненными значениями концентраций, а также при определенных условиях могут отражать неблагоприятное долгосрочное влияние загрязнения на состояние здоровья.

**Ключевые слова:** загрязнение атмосферного воздуха, максимально разовые концентрации, анализ влияния на здоровье, бронхиальная астма.

**Для цитирования:** Держинская Н.А., Гиндюк Л.Л., Гиндюк А.В., Сысоева И.В., Крупская Д.А., Урбан Ю.Е., Ермак С.Л. Репрезентативность максимально разовых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе крупного населенного пункта при долгосрочном анализе влияния загрязнения на состояние здоровья. Медицина труда и экология человека. 2022;2:84-99.

**Для корреспонденции:** Дзержинская Надежда Андреевна, кандидат медицинских наук, доцент кафедры гигиены труда Белорусского государственного медицинского университета, klishka@mail.ru.

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

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

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2022-10207>

## REPRESENTATIVENESS OF THE SHORT-TERM CONCENTRATIONS OF POLLUTANTS IN THE ATMOSPHERIC AIR OF A LARGE SETTLEMENT IN THE LONG-TERM ANALYSIS OF THE IMPACT OF POLLUTION ON THE HEALTH STATUS

Dziarzhynskaya N.A.<sup>1</sup>, Hindziuk L.L.<sup>1</sup>, Hindziuk A.V.<sup>1</sup>, Sysoeva I.V.<sup>1</sup>, Krupskaya D.A.<sup>2</sup>, Urban U.E.<sup>2</sup>, Ermak S.L.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

<sup>2</sup>Minsk City Center of Hygiene and Epidemiology, Minsk, Belarus

*Currently, studies of the impact of air pollution on health are widespread, while in practice, control over the short-term concentrations of substances is more often carried out, while in the long-term analysis of the impact of pollution on health, concentrations of longer averaging periods are the priority.*

*The purpose of the study is to establish and analyze the relationship between the maximum and average short-term concentrations of polluting chemicals in the atmospheric air of Minsk between 2009 and 2018 and incidence rate of bronchial asthma, including asthmatic status of the child population.*

**Materials and methods:** *data from 40 route posts for monitoring atmospheric air quality in Minsk and incidence rate of bronchial asthma in the children's population of Minsk between 2009 and 2018 were studied. Laboratory-instrumental, retrospective epidemiological analysis, statistical methods were used.*

**Results:** *The obtained results showed that, despite the fact that the maximum values of the short-term concentrations reflect the picture of atmospheric air pollution at the time of sampling, they have similar fluctuations, direction and severity of the trend with averaged concentrations, and also under certain circumstances can reflect the adverse long-term impact of pollution on health status.*

**Keywords:** *air pollution, maximum one-time concentrations, health impact analysis, bronchial asthma.*

**Citation:** *Dziarzhynskaya N.A., Hindziuk L.L., Hindziuk A.V., Sysoeva I.V., Krupskaya D.A., Urban U.E., Ermak S.L. Representativeness of the short-term concentrations of pollutants in the atmospheric air of a large settlement in the long-term analysis of the impact of pollution on the health status. Occupational health and human ecology. 2022;2: 84-99.*

**Correspondence:** *Nadzeya Dziarzhynskaya, PhD, assistant professor at the Department of Occupational Hygiene of Belarusian State Medical University, klishka@mail.ru.*

**Financing:** *the study had no financial support.*

**Conflict of interest:** *The authors declare no conflict of interest.*

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2022-10207>

Загрязнение атмосферного воздуха является фактором риска развития многих экологически обусловленных заболеваний, в том числе тех, этиологический фактор которых может иметь инфекционную или иммунную природу. В крупных населенных пунктах данное влияние более выражено и может формировать значимое повышение частоты возникновения различных заболеваний [1-3]. Исследование зависимости изменений в состоянии здоровья населения под влиянием факторов окружающей среды является важным объектом многочисленных научных исследований [4-7]. Именно загрязнением атмосферного воздуха обусловлено до 30% общих заболеваний [8]. Считается доказанной связь между концентрациями атмосферных загрязнений и распространенностью болезней органов дыхания, сердечно-сосудистой системы, бронхиальной астмы [9-15]. Результаты предыдущих исследований [16-17] позволили установить, что уровни первичной заболеваемости детского населения бронхиальной астмой и астматическим статусом г. Минска обусловлены в том числе и состоянием атмосферного воздуха. Таким образом, данный показатель может быть использован при изучении загрязнения атмосферного воздуха г. Минска и создаваемой им антропогенной нагрузки. При этом оценка влияния загрязнения атмосферного воздуха на заболеваемость населения является одним из наиболее распространенных и информативных исследований, при котором исследуемой группой часто является детское население как более чувствительное и не подверженное влиянию производственных факторов и вредных привычек [18-20].

В г. Минске мониторинг качества атмосферного воздуха осуществляется посредством 12 стационарных постов государственного учреждения «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды» Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь [21] и 40 маршрутных постов государственного учреждения «Минский городской центр гигиены и эпидемиологии». Также контроль качества атмосферного воздуха осуществляется более чем в 300 контрольных точках в рамках подтверждения размеров санитарно-защитных зон и производственного контроля в зонах влияния выбросов промышленных предприятий [22]. Стационарные посты мониторинга проводят не менее четырех замеров в сутки, позволяя получить данные как о максимальных за день концентрациях, так и о среднесуточных. Маршрутные посты имеют более плотную территориальную сеть, однако позволяют получать исключительно максимально разовые концентрации веществ, так как периодичность проведения замеров на них значительно меньше – 1-2 раза в месяц. Вопрос использования данных с маршрутных постов мониторинга при долгосрочном анализе влияния загрязнения на состояние здоровья может решаться за счет отбора и осреднения данных за достаточно длительный период

**Цель** – установить и проанализировать взаимосвязь между максимальными и средними максимально разовыми концентрациями загрязняющих химических веществ в атмосферном воздухе г. Минска за 2009-2018 гг. и первичной заболеваемостью бронхиальной астмой детского населения, в том числе с развитием астматического статуса.

**Задачи:**

1. Провести оценку качества атмосферного воздуха г. Минска с учетом данных маршрутных постов мониторинга качества атмосферного воздуха по максимальным значениям концентраций.
2. Провести оценку качества атмосферного воздуха г. Минска с учетом данных маршрутных постов мониторинга качества атмосферного воздуха по средним значениям концентраций.
3. Проанализировать взаимосвязь изменений концентраций загрязняющих веществ с уровнем заболеваемости детского населения г. Минска.

**Материалы:** при анализе использованы данные о максимально разовых концентрациях загрязняющих химических веществ в атмосферном воздухе г. Минска за 2009-2018 гг. с маршрутных постов мониторинга.

Контрольные точки (36) расположены преимущественно в зонах влияния выбросов крупных магистралей города, так как максимальное влияние магистрали обнаруживается в непосредственной близости от нее, на открытых, проветриваемых со всех сторон площадках с непылящим покрытием: на асфальте, твердом грунте, газоне. Также исследования качества атмосферного воздуха посредством маршрутных постов организованы в 2 контрольных точках в парке Горького и в 2 контрольных точках в парке Челюскинцев (рис.1):



Рис. 1. Организация лабораторных исследований качества атмосферного воздуха в г. Минске  
Figure 1. Organization of laboratory studies of atmospheric air quality in Minsk

Перечень контролируемых веществ:

- диоксид азота;
- акролеин;
- бензол;
- ксилолы;
- углерода оксид;
- фенол;
- диоксид серы;
- твердые частицы (недифференцированная по составу пыль/ аэрозоль);
- 1,3 бутадиен;
- формальдегид.

Были исследованы уровни первичной заболеваемости детского населения г. Минска бронхиальной астмой, астматическим статусом (J45, J46 по МКБ-10) за 2009-2018 гг. по

возрастным группам: все детское население (0-17 лет), до года, 1-4 года, 5-9 лет, 10-14 лет и 15-17 лет.

**Методы.** Анализ проводился с учетом административного деления г. Минска – для отдельных административных районов и для города в целом. Были определены максимальные за год, рассчитаны средние за год значения максимально разовых концентраций анализируемых загрязняющих веществ, темп роста и темп прироста концентраций. Была проведена оценка уровней первичной заболеваемости детского населения г. Минска бронхиальной астмой, астматическим статусом, корреляционный анализ для установления наличия взаимосвязи между исследуемыми показателями проводился путем расчета коэффициента корреляции Пирсона  $R_{\text{Пирсона}}$ , критический уровень значимости  $p$  при проверке статистических гипотез принимали равным 0,05.

**Результаты.**

При анализе максимальных и средних за анализируемый период значений максимально разовых концентраций загрязняющих веществ было установлено, что максимальные концентрации каждого вещества значительно превышали его средние значения, однако динамика колебаний имела схожий характер. Кроме того, отмечались факты превышения нормативного содержания как среди средних, так и среди максимальных концентраций. Наибольшее содержание было характерно для формальдегида, монооксида углерода и фенола (рис. 2).

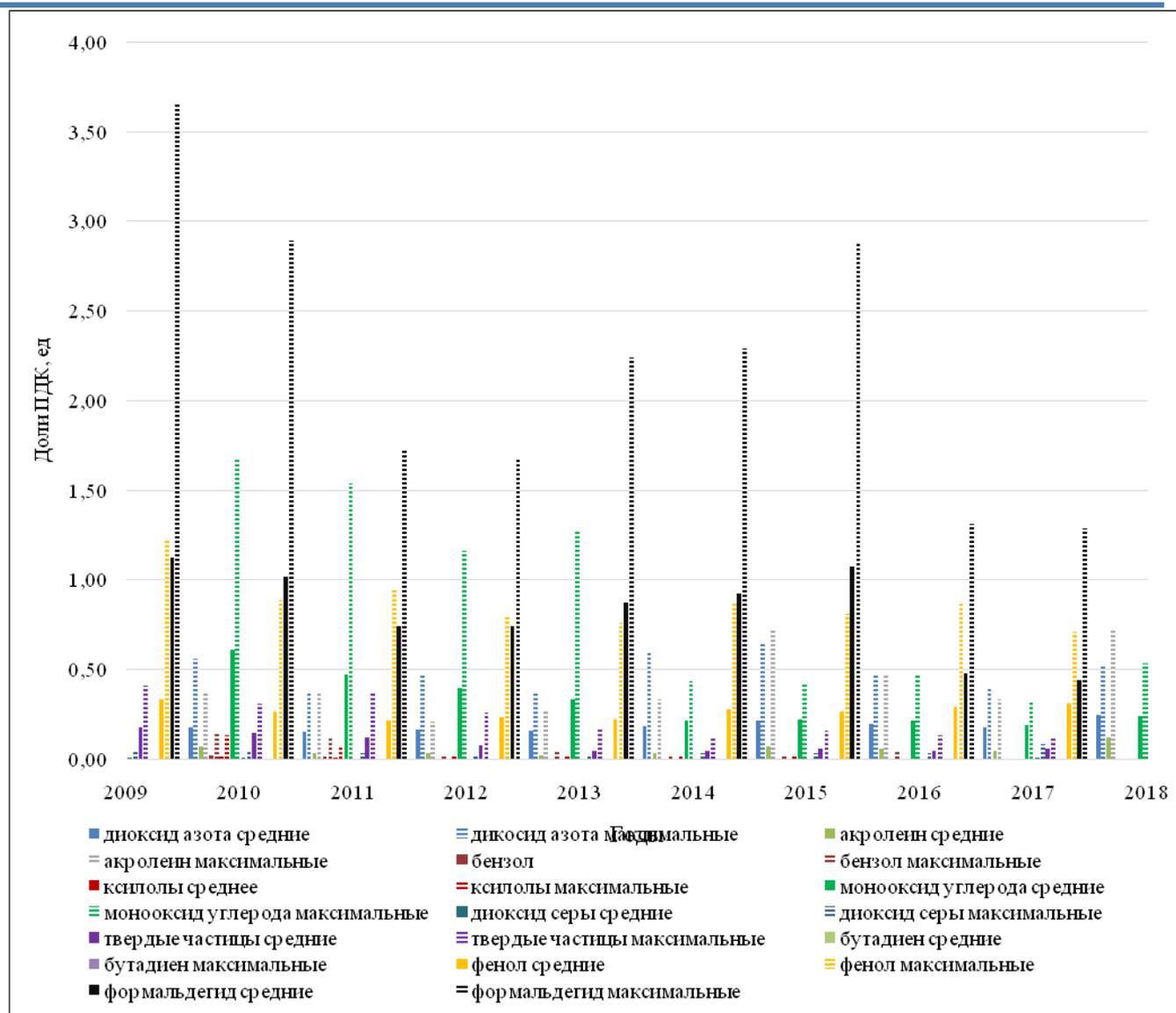


Рис. 2. Среднее и максимальное содержание загрязняющих химических веществ в атмосферном воздухе г. Минска за 2009-2018 гг.

Figure 2. Average and maximum content of polluting chemicals in Minsk atmospheric air between 2009 and 2018

Максимальные концентрации следующих анализируемых веществ превышали значения гигиенических нормативов: диоксида азота – в 3,3% случаев, монооксида углерода – в 28,93%, фенола – в 27,3%, формальдегида – в 90,91%. Для средних концентраций в 28% случаев концентрации формальдегида превышали значения предельно допустимой концентрации. Необходимо также отметить, что в пробах атмосферного воздуха в 36,4% случаев не был обнаружен бензол, в 6,06% случаев – ксилолы.

Средние значения темпов прироста и характеристика многолетней тенденции концентраций представлены в таблице 1:

Таблица 1

Средний темп прироста средних и максимальных концентраций загрязняющих веществ г. Минска за 2009-2018 гг.

Table 1

The average growth rate of average and maximum concentrations of pollutants in Minsk between 2009 and 2018

Вещество/концентрации		Темп прироста	Характеристика многолетней эпидемической тенденции
Диоксид азота	Средние	3,83%	Умеренная к росту
	Максимальные	3,75%	Умеренная к росту
Акролеин	Средние	20,25%	Выраженная к росту
	Максимальные	15,27%	Выраженная к росту
Ксилолы	Средние	-19,36%	Выраженная к снижению
	Максимальные	-15,48%	Выраженная к снижению
Монооксид углерода	Средние	-10,96%	Выраженная к снижению
	Максимальные	-10,29%	Выраженная к снижению
Диоксид серы	Средние	32%	Выраженная к росту
	Максимальные	25,6%	Выраженная к росту
Твердые частицы	Средние	2,76%	Умеренная к росту
	Максимальные	5,81%	Выраженная к росту
Бутадиен	Средние	-1,27%	Относительно стабильная
	Максимальные	-5,61%	Выраженная к снижению
Фенол	Средние	5,07%	Выраженная к росту
	Максимальные	-1,27%	Умеренная к снижению
Формальдегид	Средние	-5,69%	Выраженная к снижению
	Максимальные	-9,45%	Выраженная к снижению

Динамика колебаний средних и максимальных концентраций анализируемых веществ в большинстве случаев имела одинаковую или схожую характеристику и направленность (за исключением фенола и бутадиена). Темп прироста не был рассчитан для бензола, так как по результатам лабораторного контроля в более чем трети проб атмосферного воздуха бензол обнаружен не был. Наличие тенденции к росту отмечалось у четырех веществ – диоксида азота, акролеина, диоксида серы и твердых частиц.

При анализе уровней первичной заболеваемости бронхиальной астмой и астматическим статусом по всем возрастным группам с учетом административного деления г. Минска было установлено, что наиболее высокие средние за 2009-2018 гг. показатели заболеваемости отмечались среди детей 5-9 лет – рисунок 2:

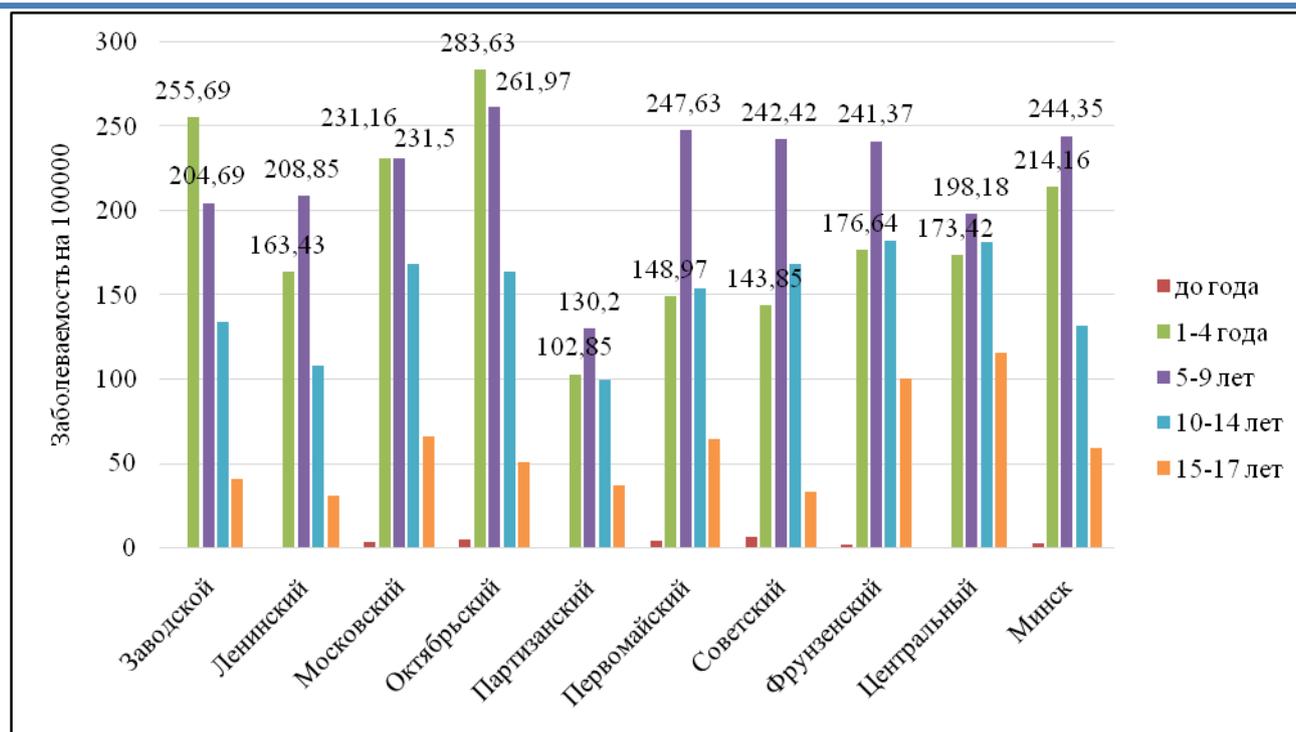


Рис. 2. Средние уровни первичной заболеваемости бронхиальной астмой и астматическим статусом детского населения по административным районам г. Минска за 2009-2018 гг.

Figure 2. Average levels of primary incidence of bronchial asthma and asthmatic status of the child population by Minsk administrative districts between 2009 and 2018

Также достаточно высокие уровни заболеваемости были характерны для возрастных групп 1-4 года и 10-14 лет. Уровни заболеваемости в группе 1-4 года, которая находилась на первом ранговом месте в Заводском и Октябрьском районах, на втором ранговом месте находилась в Партизанском, Ленинском и Московских районах. В целом по городу Минску данная группа находилась на третьем ранговом месте по средним уровням заболеваемости. Изменения уровней первичной заболеваемости по районам имели схожий характер колебаний по годам, по городу Минску в целом многолетняя динамика первичной заболеваемости бронхиальной астмой и астматическим статусом всего детского населения (0-17 лет) характеризовалась наличием умеренной тенденции к росту ( $T_{пр}=1,33\%$ ). Динамика первичной заболеваемости среди детей 1-4 года, 5-9 лет характеризовалась относительно стабильной тенденцией ( $T_{пр}=0,8\%$  и  $-0,32\%$  соответственно), в возрастной группе 10-14 лет – умеренной тенденцией к росту ( $T_{пр}=1,75\%$ ), 15-17 лет – выраженной тенденцией к росту ( $T_{пр}=13,19\%$ ).

По результатам корреляционного анализа между содержанием загрязняющих веществ в атмосферном воздухе по данным маршрутных постов мониторинга и уровнями первичной заболеваемости бронхиальной астмой и астматическим статусом были получены следующие результаты (табл. 2):

Таблица 2

Значения коэффициента корреляции R и критического уровня значимости p по результатам корреляционного анализа между средним и максимальным содержанием вредных веществ в атмосферном воздухе и первичной заболеваемостью бронхиальной астмой и астматическим статусом в г. Минске за 2009-2018 гг.

Table 2

The values of the correlation coefficient R and the critical significance level p according to the results of the correlation analysis between the average and maximum content of harmful substances in the atmospheric air and the primary incidence of bronchial asthma and status asthmaticus in Minsk between 2009 and 2018

Район	Возраст	Вещество	R	p
Заводской	1-4	Монооксид углерода, средние	0,66	0,037
		Монооксид углерода, максимальные	0,66	0,037
		Твердые частицы, максимальные	0,7	0,024
Ленинский	1-4	Бензол, средние	0,72	0,019
		Бензол, максимальные	0,78	0,008
		Ксилолы, средние	0,75	0,012
		Ксилолы, максимальные	0,72	0,018
		Монооксид углерода, средние	0,68	0,029
		Монооксид углерода, максимальные	0,82	0,004
		Твердые частицы, средние	0,75	0,012
		Твердые частицы, максимальные	0,92	0,00016
		Формальдегид, максимальные	0,64	0,045
Октябрьский	1-4	Монооксид углерода, максимальные	0,81	0,0049
	15-17	Диоксид азота, максимальные	0,66	0,038
Партизанский	0-17	Акролеин, средние	0,68	0,029
		Фенол, средние	0,76	0,011
	5-9	Акролеин, средние	0,69	0,028
	10-14	Фенол, средние	0,85	0,002

Первомайский	1-4	Твердые частицы, максимальные	0,74	0,015
		Бутадиен, максимальные	0,7	0,023
	5-9	Ксилолы, максимальные	0,66	0,037
Советский	15-17	Акролеин, средние	0,64	0,047
		Акролеин, максимальные	0,79	0,006
Фрунзенский	5-9	Формальдегид, средние	0,67	0,033
		Формальдегид, максимальные	0,65	0,04
Центральный	1-4	Бензол, максимальные	0,67	0,035
		Монооксид углерода, максимальные	0,65	0,04
	10-14	Диоксид серы, максимальные	0,65	0,04
	15-17	Диоксид серы, максимальные	0,82	0,004

Среди полученных результатов наибольшее количество корреляционных взаимосвязей было выявлено в Ленинском районе (в 31% случаев), среди возрастных групп наиболее часто взаимосвязи были обнаружены для группы 1-4 года (58,62% случаев). Кроме того, 62,1% установленных взаимосвязей были получены для максимальных значений концентраций загрязняющих веществ. Среди полученных взаимосвязей 19% приходилось на монооксид углерода, по 14,28% - на твердые частицы и акролеин, по 9,52% - на бензол, ксилолы, формальдегид и фенол. В 51,72% случаев было выявлено наличие высокой по силе корреляционной связи ( $R$  от 0,7 и выше). Все взаимосвязи были получены при анализе на уровне административных районов, при изучении данных по городу в целом корреляционный анализ не дал результатов.

**Обсуждение.** Максимальные значения максимально разовых концентраций веществ являются характеристикой только того состояния атмосферного воздуха, которое отмечалось в момент отбора проб, считается, что они не могут быть репрезентативными для длительного периода осреднения. В практике государственного санитарного надзора они широко используются как отражение принципа аггравации – учета наиболее неблагоприятных условий воздействия вредного фактора для достижения максимального уровня защиты здоровья населения. Тем не менее проведенный авторами данной статьи анализ позволяет утверждать, что максимальные значения концентраций имеют схожие со среднемноголетними концентрациями колебания, направления и выраженность многолетней эпидемической тенденции, а также являются более результативными при проведении корреляционного анализа между загрязнением атмосферного воздуха и уровнями первичной заболеваемости бронхиальной астмой детского населения. Таким

образом, максимальные значения максимально разовых концентраций могут применяться и для долгосрочного анализа состояния атмосферного воздуха. Однако такой способ должен быть подтвержден в каждом отдельном случае (для каждого населенного пункта) предварительными расчетами.

#### **Выводы:**

1. Содержание загрязняющих веществ в атмосферном воздухе г. Минска в 2009-2018 гг. по значениям максимальных и средних концентраций имело схожий характер колебаний, многолетняя эпидемическая тенденция имела схожие характеристики и направление в большинстве случаев.
2. Превышения значений гигиенических нормативов отмечались при оценке по максимальным концентрациям для 4 веществ (диоксид азота, монооксид углерода, фенол, формальдегид), при оценке по средним – для одного (формальдегид).
3. Наибольшее количество корреляционных взаимосвязей (до 58,62%) между загрязнением атмосферного воздуха и первичной заболеваемостью бронхиальной астмой и астматическим статусом отмечалось среди возрастной группы детского населения 1-4 года. При этом до 62,1% выявленных взаимосвязей были определены для максимальных значений концентраций загрязняющих веществ.
4. Среди загрязняющих веществ наиболее часто отмечалось влияние на уровни первичной заболеваемости бронхиальной астмой монооксида углерода (19% установленных взаимосвязей), твердых частиц (14,28%) и акролеина (14,28%). Влияние загрязнения атмосферного воздуха на эпидемический процесс первичной заболеваемости бронхиальной астмой преимущественно характеризовалось высокой силой взаимосвязей на уровне административных районов.
5. Использование максимальных значений максимально разовых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе для долгосрочного анализа влияния загрязнения на состояние здоровья может быть допустимым при условии проведения дополнительных предварительных расчетов.

#### **Список литературы:**

1. Liu H., Tian Y., Song J., Cao Y., Xiang X., Huang C. et al. Effect of ambient air pollution on hospitalization for heart failure in 26 of China's largest cities. *The American Journal of Cardiology*. 2018;121(5):628-633.
2. Сергеев А. К. Многосредовая оценка воздействия вредных факторов на здоровье населения крупного промышленного города. *Аспирантский вестник Поволжья*. 2016;1-2:263-265.
3. Khomenko S., Cirach M., Pereira-Barboza E., Mueller N., Barrera-Gómez J., Rojas-Rueda D. et al. Premature mortality due to air pollution in European cities: a health impact assessment. *The Lancet Planetary Health*. 2021;5(3):e121-e134.

4. Чанчаева Е. А., Гвоздарева, О. В., Гвоздарев, А. Ю. Состояние атмосферного воздуха и здоровье детей в условиях возрастающей транспортной и теплоэнергетической нагрузки. Экология человека. 2019;11. DOI 10.33396/1728-0869-2019-11-12-19
5. Gouveia N., Junger W. L., Romieu I., Cifuentes L. A., de Leon A. P., Vera J. et al. Effects of air pollution on infant and children respiratory mortality in four large Latin-American cities. Environmental Pollution. 2018;232:385-391.
6. Карамаликова Х. Ю., Плынов А. А., Осипов Д. Г. Проблемы возникновения экологически обусловленных заболеваний. РОСТ-Развитие, Образование, Стратегии, Технологии. 2019:87-93.
7. Пичужкина Н. М., Чубирко М. И., Михалькова Е. В. Социально-гигиенические аспекты экологически обусловленных заболеваний. Прикладные информационные аспекты медицины. 2018;21:19-22.
8. Оганова Е. В. Экологические факторы роста распространенности аллергических заболеваний: дис. Кубанский государственный аграрный университет, 2006.
9. Mo Z., Fu Q., Zhang L., Lyu D., Mao G., Wu L. et al. Acute effects of air pollution on respiratory disease mortalities and outpatients in Southeastern China. Scientificreports.2018;8(1):1-9.
10. Маклакова О. А. Оценка риска развития заболеваний органов дыхания и коморбидной патологии у детей в условиях загрязнения атмосферного воздуха химическими веществами техногенного происхождения (когортное исследование). Анализ риска здоровью. 2019;2:56-63. DOI: 10.21668/health.risk/2019.2.06.
11. Tiotiu A. I., Novakova P., Nedeva D., Chong-Neto H. J., Novakova S., Steiropoulos P. Et al. Impact of air pollution on asthma outcomes. International journal of environmental research and public health. 2020;17(17):6212.
12. Rajagopalan S., Al-Kindi S. G., Brook R. D. Air pollution and cardiovascular disease: JACC state-of-the-art review. Journal of the American College of Cardiology. 2018;72(17):2054-2070.
13. Мизерницкий Ю. Л. Значение экологических факторов при бронхиальной астме у детей. Пульмонология. 2021;1.:56-62.
14. Агарков Н. М., Пошибайлова А. В., Иванов В. А. Атмосферные загрязнители и распространенность бронхиальной астмы среди детей: обзор литературы. Экология человека.2020;5:45-49. DOI 10.33396/1728-0869-2020-5-45-49
15. Garcia E., Berhane K. T., Islam T., McConnell R., Urman R., Chen Z. et al. Association of changes in air quality with incident asthma in children in California, 1993-2014. Jama. 2019;321(19):1906-1915.
16. Dziarzhynskaya N, Hindziuk A, Hindziuk L, Sysoeva I, Krupskaya D, Urban U. et al. Airborne chemical pollution and children's asthma incidence rate in Minsk. J Prev Med Hyg 2021;4(62):E871-E878. <https://doi.org/10.15167/2421-4248/jpmh2021.62.4.1568>.
17. Дзержинская Н. А., Гиндюк Л. Л., Ермак С. Л., Чернявская Н. В., Крупская Д. А., Сысоева И. В. и др. Многолетняя динамика заболеваемости бронхиальной астмой и астматическим статусом детского населения. БГМУ в авангарде медицинской науки и практики: рецензир. ежегод. сб. науч. тр.. 2021;11:327-333.

18. Karimi B., Shokrinezhad B. Air pollution and mortality among infant and children under five years: A systematic review and meta-analysis. *Atmospheric Pollution Research*. 2020;11(6):61-70.
19. Kim D., Chen Z., Zhou L. F., Huang, S. X. Air pollutants and early origins of respiratory diseases. *Chronic diseases and translational medicine*. 2018;4(02):75-94.
20. World Health Organization. Air pollution and child health: prescribing clean air: summary (No. WHO/CED/PHE/18.01). WorldHealthOrganization. 2018. – Режим доступа: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/275545/WHO-CED-PHE-18.01-eng.pdf> – Дата доступа: 12.04.2022.
21. Схема размещения пунктов мониторинга атмосферного воздуха в г. Минске [Электронный ресурс]. Государственное учреждение «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды» Минприроды РБ. – Режим доступа: <https://rad.org.by/snob/air.minsk.html> – Дата доступа: 12.04.2022.
22. Качество атмосферного воздуха г. Минска по данным маршрутных постов государственного учреждения «Минский городской центр гигиены и эпидемиологии» [Электронный ресурс]. Информ. бюл. Санитарно-эпидемиологическая служба города Минска. – Режим доступа: <http://www.minsksanepid.by/node/18231>. – Дата доступа: 12.04.2022.

#### References:

1. Liu H., Tian Y., Song J., Cao Y., Xiang X., Huang C. et al. Effect of ambient air pollution on hospitalization for heart failure in 26 of China's largest cities. *The American Journal of Cardiology*. 2018;121(5):628-633.
2. Sergeev A. K. Multienvironment evaluation of harmful factors impact on the public health of large industrial city. *Aspirantskiy vestnik Povolzhiya*. 2016;1-2:263-265. (in Russian)
3. Khomenko S., Cirach M., Pereira-Barboza E., Mueller N., Barrera-Gómez J., Rojas-Rueda D. et al. Premature mortality due to air pollution in European cities: a health impact assessment. *The Lancet Planetary Health*. 2021;5(3):e121-e134.
4. Chanchaeva E. A., Gvozdareva, O. V., Gvozdarev, A. Yu. Air quality and children's health: the role of increasing transport-related and thermal air pollution. *Ekologiya cheloveka=Human Ecology*. 2019;11. (in Russian) DOI 10.33396/1728-0869-2019-11-12-19
5. Gouveia N., Junger W. L., Romieu I., Cifuentes L. A., de Leon A. P., Vera J. et al. Effects of air pollution on infant and children respiratory mortality in four large Latin-American cities. *Environmental Pollution*. 2018;232:385-391.
6. Karamalikova H.Y., Polynov A.A., Osipov D.G. The problem of origin of environmentally caused illnesses. *ROST-Razvitiye, Obrazovaniye, Strategii, Tekhnologii*. 2019:87-93. (in Russian)
7. Pichuzhkina N.M., Chubirko M.I., Mikhalkova E.V. Socially-hygienic aspects of environment-related diseases. *Prikladnyye informatsionnyye aspekty meditsiny*. 2018;21:19-22. (in Russian)

8. Oganova E. V. Ecological factors of growth in the prevalence of allergic diseases : dis. Kubanskiy gosudarstvenny agrarny universitet, 2006. (in Russian)
9. MoZ., FuQ., ZhangL., LyuD., MaoG., WuL. etal. Acute effects of air pollution on respiratory disease mortalities and outpatients in Southeastern China. Scientific reports.2018;8(1):1-9.
10. Maklakova O. A. Assessing risk of respiratory organs diseases and co-morbid pathology in children caused by ambient air contamination with technogenic chemicals (cohort study). Analiz riska zdorov'yu=Health risk analysis. 2019;2:56-63.DOI: 10.21668/health.risk/2019.2.06(in Russian)
11. TiotiuA. I., NovakovaP., NedevaD., Chong-NetoH. J., NovakovaS., SteiropoulosP. etal. Impact of air pollution on asthma outcomes. International journal of environmental research and public health. 2020;17(17):6212.
12. Rajagopalan S., Al-Kindi S. G., Brook R. D. Air pollution and cardiovascular disease: JACC state-of-the-art review. Journal of the American College of Cardiology. 2018;72(17):2054-2070.
13. Mizernitsky Yu.L. An importance of ecology factors in childhood bronchial asthma. Pul'monologiya=Pulmonologiya. 2021;1.:56-62. (in Russian)
14. Agarkov N. M., Poshibailova A. V., Ivanov V. A. Atmospheric pollutants and prevalence of asthma among children: a review. Ekologiya cheloveka. 2020;5:45-49. DOI 10.33396/1728-0869-2020-5-45-49 (in Russian)
15. Garcia E., Berhane K. T., Islam T., McConnell R., Urman R., Chen Z. et al. Association of changes in air quality with incident asthma in children in California, 1993-2014. Jama. 2019;321(19):1906-1915.
16. Dziarzhynskaya N, Hindziuk A, Hindziuk L, Sysoeva I, Krupskaya D, Urban U. et al. Airborne chemical pollution and children's asthma incidence rate in Minsk. J Prev Med Hyg 2021;4(62):E871-E878. <https://doi.org/10.15167/2421-4248/jpmh2021.62.4.1568>.
17. Dziarzhynskaya N.A., Hindziuk L.L., Ermak S.L., Chernyavskaya N.V., Krupskaya D.A., Sysoeva I.V. et al. Long-term dynamics of children's bronchial asthma and asthmatic status prevalence. BGMU v avangarde meditsinskoy nauki i praktiki : retsenzir. yezhegod. sb. nauch. tr.. 2021;11:327-333. (in Russian)
18. Karimi B., Shokrinezhad B. Air pollution and mortality among infant and children under five years: A systematic review and meta-analysis. Atmospheric Pollution Research. 2020;11(6):61-70.
19. Kim D., Chen Z., Zhou L. F., Huang, S. X. Air pollutants and early origins of respiratory diseases. Chronic diseases and translational medicine. 2018;4(02):75-94.
20. World Health Organization. Air pollution and child health: prescribing clean air: summary (No. WHO/CED/PHE/18.01). World Health Organization. 2018. – Access mode: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/275545/WHO-CED-PHE-18.01-eng.pdf> – Access date: 04/12/2022.
21. Scheme of placement of atmospheric air monitoring points in Minsk [Electronic resource]. State Institution Republican Center for Hydrometeorology, Radioactive Contamination Control and Environmental Monitoring of the Ministry of Natural Resources of the Republic

- of Belarus. – Access mode: <https://rad.org.by/snob/air.minsk.html> – Access date: 04/12/2022. (inRussian)
22. Atmospheric air quality in Minsk according to the route posts of the state institution "Minsk City Center for Hygiene and Epidemiology" [Electronic resource]. Inform. bul. Sanitary and epidemiological service of the city of Minsk. – Access mode: <http://www.minsksanepid.by/node/18231>. – Access date: 04/12/2022. (inRussian)

**Поступила/Received: 15.04.2022**

**Принята в печать/Accepted: 24.04.2022.**

УДК 613.12:551.58

**К ВОПРОСУ ОБ ОЦЕНКЕ РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ  
НАСЕЛЕНИЯ ПОГОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ТЕРРИТОРИИ  
АВАЧИНСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ КАМЧАТКИ**

Рахманов Р.С.<sup>1</sup>, Богомолова Е.С.<sup>1</sup>, Разгулин С.А.<sup>1</sup>, Аликберов М.Х.<sup>1</sup>, Спирин С.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет»  
Минздрава России, кафедра гигиены, Нижний Новгород, Россия

<sup>2</sup> Центр санитарно-эпидемиологического надзора войсковой части 10283,  
Петропавловск-Камчатский, Россия

*Неблагоприятные погодно-климатические условия различных частей Камчатки обуславливают оценку степени и длительность периодов риска для здоровья населения. Цель – оценка риска погодно-климатических условий для здоровья населения Авачинской агломерации Камчатки. По данным сведений за 2010-2020 гг. с метеостанции г. Петропавловска-Камчатского (средние месячные температуры и скорости движения воздуха (ветра), минимальные температуры и максимальный ветер) провели расчеты ветро-холодового индекса (ВХИ). Определяли периоды года, отнесенные к холодным средам. Риск для здоровья оценили по классу (1-4), значениям ВХИ (°С), длительности получения и вида холодовой травмы. При средних месячных значениях температуры и ветра холодная среда в Авачинской агломерации регистрируется 9 мес. в году, в остальные месяцы условия не обеспечивают комфорт пребывания населению даже в летний период года. При крайних значениях метеофакторов холодная среда определяется круглогодично. Ветро-холодовой индекс, определенный по средним показателям, указывает на наличие 1 класса риска здоровью в январе и феврале; по минимальной температуре и максимальному ветру – в течение 6 мес.: апрель, ноябрь – 1-й класс, январь, февраль – 2-й класс, декабрь и март – переходный (1-2-й классы). По медиане значений ветро-холодового индекса и размаху 25-75 квартилей риск здоровью в течение 7 мес.: апрель, октябрь, ноябрь – 1-й класс, декабрь-март – 2-й класс. Полученные данные актуализируют проведение оценки риска для здоровья физических факторов внешней среды как для населения в целом, так и на производствах, осуществляемых на открытой территории Авачинской агломерации и в целом на Камчатке.*

**Ключевые слова:** Авачинская агломерация, погодно-климатические условия, ветро-холодовой индекс, риск для здоровья.

**Для цитирования:** Рахманов Р.С., Богомолова Е.С., Разгулин С.А., Аликберов М.Х., Спирин С.А. К вопросу об оценке риска для здоровья населения погодно-климатических условий на территории Авачинской агломерации Камчатки. Медицина труда и экология человека. 2022;2:100-112.

**Для корреспонденции:** Рахманов Рафаиль Салыхович, профессор кафедры гигиены ФГБОУ ВО «ПИМУ» МЗ РФ, доктор медицинских наук, профессор, e-mail: raf53@mail.ru.

**Финансирование:** работа подготовлена без спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов:** конфликт интересов отсутствует.

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2022-10208>

## TO THE QUESTION OF ASSESSMENT OF HEALTH RISK OF THE POPULATION OF WEATHER-CLIMATE CONDITIONS IN THE TERRITORY OF THE AVACHA AGGLOMERATION OF KAMCHATKA

Rakhmanov R.S.<sup>1</sup>, E.S. Bogomolova E.S.<sup>1</sup>, Razgulin S. A.<sup>1</sup>, Alikberov M.H.<sup>1</sup>, Spirin S.A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Volga Research Medical University, Department of  
Hygiene, Nizhny Novgorod, Russia

<sup>2</sup> Medical service of the military unit 10283, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia

*Unfavorable weather and climatic conditions in various parts of Kamchatka determine the assessment of the degree and duration of periods of public health risks. **The goal** is to assess health risks of weather and climate conditions for the population within the Avacha agglomeration of Kamchatka. According to data between 2010 and 2020 from the weather station of Petropavlovsk-Kamchatsky (average monthly temperatures and air (wind) speeds, minimum temperatures and maximum wind) we calculated the wind-cold index (CHI). The periods of the year referred to cold environments were determined. Health risk was assessed by class (1-4), WHI values (OC), duration of receipt and type of cold injury. With average monthly values of temperature and wind, a cold environment in the Avacha agglomeration is recorded for 9 months per year, in the remaining months the conditions do not provide comfort for the population even in the summer season. At extreme values of meteorological factors, a cold environment is determined year-round. The wind-cold index, determined by average indicators, indicates the presence of 1 class of health risk in January and February; for minimum temperature and maximum wind - for 6 months: April, November - 1st class, January, February - 2nd class, December and March transitional (1-2 class). According to the median values of the wind-cold index and the range of 25-75 quartiles, health risk for 7 months: April, October, November - 1st class, December-March - 2nd class. The data obtained update the assessment of the health risk of physical environmental factors both for the population as a whole and for industries carried out in the open territory of the Avacha agglomeration and in general in Kamchatka.*

**Keywords:** avacha agglomeration, weather and climate conditions, wind-cold index, health risk.

**Citation:** Rakhmanov R.S., E.S. Bogomolova E.S., Razgulin S. A., Alikberov M.H., Spirin S.A. To the question of assessment of health risk of the population of weather-climate conditions in the territory of the Avacha agglomeration of Kamchatka. *Occupational health and human ecology.* 2022;2:100-112.

**Correspondence:** Rofail S.Rakhmanov, professor at the Hyegine Department of VRMU, Doctor of Medicine, professor, e-mail: raf53@mail.ru.

**Financing:** The study had no financial support.

**Conflict of interest:** The authors declare no conflict of interest.

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2022-10208>

Камчатский край имеет важное геополитическое значение для России. Стратегическое положение полуострова Камчатка определяет возможность обеспечивать национальные интересы государства [1-3]. В целях развития данного региона Правительством РФ принята Стратегия социально-экономического развития Дальнего Востока и Байкальского региона на период до 2025 года<sup>3</sup>, морская доктрина РФ [4]. Это дает возможность создавать условия развитию экономики, рыбопромышленного комплекса, горнодобывающей промышленности, энергетики и туристско-рекреационного комплекса края [5-7]. Реализуются программы, связанные с созданием территории опережающего развития на Камчатке, что благоприятно скажется на росте промышленного потенциала края и будет способствовать развитию предпринимательства, экономики, социальному развитию [8].

Имеющиеся представления о природном потенциале Камчатского края и окружающих его морей позволяют считать его значительной и во многом уникальной частью природного капитала страны. Его территория характеризуется различным климатом: в центральной части - континентальный, на побережьях - морской, но с особенностями на западном и восточном частях полуострова [9-10].

Базовой территорией для обеспечения геополитических интересов России в северной зоне Азиатско-Тихоокеанского региона является Авачинская агломерация: гг. Петропавловск-Камчатский, Елизово, Вилючинск, Паратунская рекреационная зона [12].

В связи с этим актуальным является определение риска физических факторов для здоровья населения на открытой территории (ОТ) различных частей полуострова.

**Цель** работы – оценка риска погодно-климатических условий для здоровья населения в пределах Авачинской агломерации Камчатки.

**Материалы и методы.** Выкопировали сведения за 11 лет (2010-2020 гг.) с сайта «Архив погоды» (rp5.ru), точка расчета прогноза погоды – метеостанция г. Петропавловска-Камчатского: средние температуры и скорости движения воздуха (ветра) за сутки, а также минимальные температуры и максимальный ветер. По ним определяли среднесуточные среднемесячные значения, по которым проводили расчет ветро-холодового индекса (ВХИ): 1 - при сочетаниях средних величин, 2 – при сочетании минимальной температуры и максимального ветра. Определяли периоды года, отнесенные к холодным средам (при небольшой физической нагрузке - работа при температуре +10°C или ниже)<sup>4</sup>. Силу ветра

<sup>3</sup> Распоряжение Правительства Российской Федерации от 28 декабря 2009 года №2094-р «Об утверждении Стратегии социально-экономического развития Дальнего Востока и Байкальского региона на период до 2025 года».

<sup>4</sup> ГОСТ Р ИСО 15743-2012. Практические аспекты менеджмента риска. Менеджмент и оценка риска для холодных сред.

оценивали по Ботфорду в баллах [13]: 0 - штиль (0-0,2 м/с), 1 - очень слабый ветер (0,3-1,5 м/с), 2 - слабый ветер (1,6-3,3 м/с), 3 – от слабого до умеренного (3,4-5,4 м/с), 4 - умеренный (5,5-7,9 м/с), 5 - от умеренного до сильного (8,0-10,7 м/с), 6 – сильный (10,8-13,8 м/с), 7 – от сильного до очень сильного (13,9-17,1 м/с), 8 - очень сильный (17,2-20,7 м/с), 9 – от очень сильного до штормового (20,8-24,4 м/с), 10 – штормовой или буря (24,5-28,4 м/с), 11 – от штормового до ураганного (28,5-32,6 м/с), 12 – ураган (32,7 м/с и более).

Критериями риска для здоровья были:

- класс риска (1-4);
- значения ВХИ (°С);
- время переохлаждения (без обморожения) обнаженных частей тела человека.

1-й класс риска – характеризуется ВХИ в интервале  $> -10^{\circ}\text{C} - \leq -24^{\circ}\text{C}$  (ощущение дискомфорта, прохлады);

2-й класс риска – ВХИ в интервале  $> -24^{\circ}\text{C} - \leq -34^{\circ}\text{C}$  (очень холодно, переохлаждение поверхности кожи);

3-й класс риска - ВХИ в интервале  $> -35^{\circ}\text{C} - \leq -59^{\circ}\text{C}$  (чрезвычайно холодно, обнаженные части тела человека могут переохладиться за 10 минут);

4-й класс риска – ВХИ  $> -59^{\circ}\text{C}$  (экстремально холодно, обнаженные части тела человека могут переохладиться за 2 минуты).

Статистическую обработку полученных данных провели с использованием программного обеспечения Statistica-6.1. Определяли средние величины (M), ошибки средних ( $\pm m$ ), границы значений 25 и 75 квартилей (Q25, Q75); достоверность различий средних величин для параметрических данных определяли по t-критерию Стьюдента.

**Результаты.** По данным определения среднемесячных температур на ОТ условия, отнесенные к холодным средам, были установлены в течение 9 мес. в году: октябрь-июнь. Даже в июне верхнее значение температуры достигало границу, определяемую как «холодная среда» (табл. 1). По средним минимальным температурам погодно-климатические условия круглогодично оценивались как «холодная среда».

Таблица 1

**Характеристика среднемесячных температур на открытой территории по показателям средних и минимальных суточных значений, °С**

Table 1

**Characteristics of average monthly temperatures in an open area in terms of average and minimum daily values, °C**

№ п/п	Месяц	Показатели, $M \pm m$	
		По средним	По крайним
1	Январь	-6,3±0,5	-15,9±1,0
2	Февраль	-5,8±0,7	-15,2±0,8

3	Март	-3,2±0,5	-10,8±0,8
4	Апрель	0,6±0,3	-6,0±0,7
5	Май	5,2±0,1	-0,4±0,2
6	Июнь	9,7±0,3	3,3±0,5
7	Июль	13,7±0,3	7,9±0,4
8	Август	14,3±0,3	8,3±0,3
9	Сентябрь	11,0±0,1	3,9±0,5
10	Октябрь	5,6±0,3	-0,9±0,5
11	Ноябрь	-0,1±0,2	-6,9±0,4
12	Декабрь	-4,5±0,5	-11,7±0,9

Ветер по средним показателям по силе в мае-сентябре оценивался в 2 балла «слабый», в другие месяцы в 3 балла – «от слабого до умеренного». По максимальным средним значениям ветер оценивался в 6 баллов («сильный») и в 7 баллов («от сильного до очень сильного»). При порывах ветра его сила оценивалась в летний период года в 7 баллов («от сильного до очень сильного»), апреле, мае и сентябре – в 8 баллов («очень сильный»), с октября по март – в 9 баллов («от очень сильного до штормового») (табл. 2).

Таблица 2

Характеристика скорости движения воздуха в условиях Авачинской агломерации, м/с

Table 2

Characteristics of the air velocity in the conditions of the Avacha agglomeration, m/s

№ п/п	Месяц	Показатели, М ± m		
		Средние значения	Максимальное значение	Порывы
1	Январь	4,4±0,2	13,7±0,3	22,9±1,2
2	Февраль	5,0±0,2	14,2±0,3	23,6±1,3
3	Март	4,7±0,3	14,5±0,2	24,2±0,7
4	Апрель	3,7±0,2	13,3±0,2	19,9±0,4

5	Май	2,9±0,1	13,2±0,3	19,3±1,1
6	Июнь	2,7±0,1	12,2±0,2	15,9±0,9
7	Июль	2,4±0,1	11,5±0,4	14,1±0,9
8	Август	2,5±0,1	12,4±0,3	16,4±1,9
9	Сентябрь	3,1±0,1	12,8±0,2	18,8±1,2
10	Октябрь	4,2±0,1	13,7±0,2	22,8±1,0
11	Ноябрь	4,9±0,2	14,0±0,3	22,5±0,6
12	Декабрь	4,9±0,1	14,1±0,3	23,2±0,9

По усредненным данным, при средних значениях температуры и скорости ветра только в январе и феврале риск здоровью колебался в пределах 1-го класса (табл. 2). По значениям Q25 в эти два зимних месяца значения ВХИ достигали 11,2-11,9<sup>0</sup>С (рис. 1).

При крайних значениях температуры и ветра 1-й класс опасности здоровью определялся в апреле и ноябре, второй – в январе и феврале. Декабрь и март могли быть отнесены и к 1-му, и ко 2-му классу риска: очень холодно, переохлаждение поверхности кожи (табл. 2).

Если судить по медиане значений ВХИ все три зимних месяца относились ко 2-му классу опасности. При этом значения ВХИ по Q25 в декабре достигали -26,1<sup>0</sup>С. В марте Q25 достигал -26<sup>0</sup>С, что также указывало на 2-й класс опасности (рис. 2). Отнесение условий на ОТ к 1-му классу опасности позволяло и значение Q25 в октябре (-11,8<sup>0</sup>С).

Таблица 3

**Динамика годовых значений ветро-холодовых индексов при различных сочетаниях температуры на открытой территории и скорости ветра, <sup>0</sup>С**

Table 3

**Dynamics of annual values of wind-cold indices at various combinations of temperature in the open area and wind speed, <sup>0</sup>С**

№	Критерии оценки	Месяц											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Средние												
	М	-9,8	-9,6	-6,4	-1,4	4,4	9,6	14,3	15,0	11,0	4,3	-2,6	-7,1
	±m	0,6	0,8	0,9	0,7	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,4	0,3	0,6
2	Минимальные												
	М	-29,6	-29,2	-23	-15,9	-7,9	-2,4	3,9	5,2	-2,2	-9,6	-17,9	-24,1
	±m	1,2	1,2	1,1	1	0,2	0,6	0,5	0,5	0,7	0,7	0,6	1,3

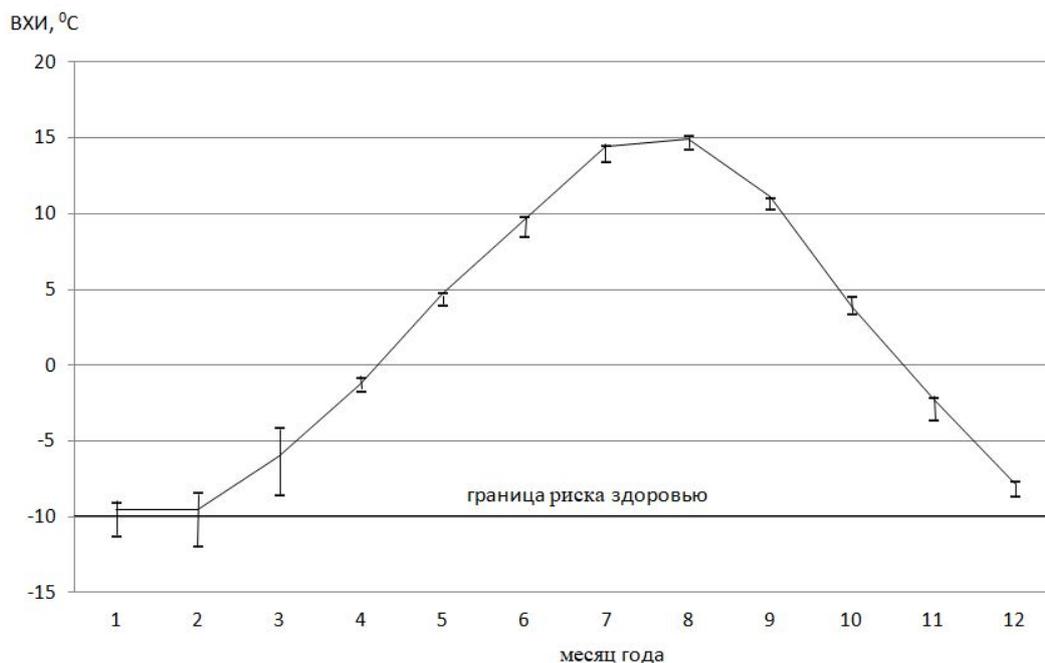


Рис. 1. Годовая характеристика погодно-климатических условий по ВХИ, определенным по среднемесячным значениям температуры и скорости ветра, Me (Q25-Q75)

Fig. 1. Annual characteristic of weather and climatic conditions according to WCI, determined by average monthly values of temperature and wind speed, Me (Q25-Q75)

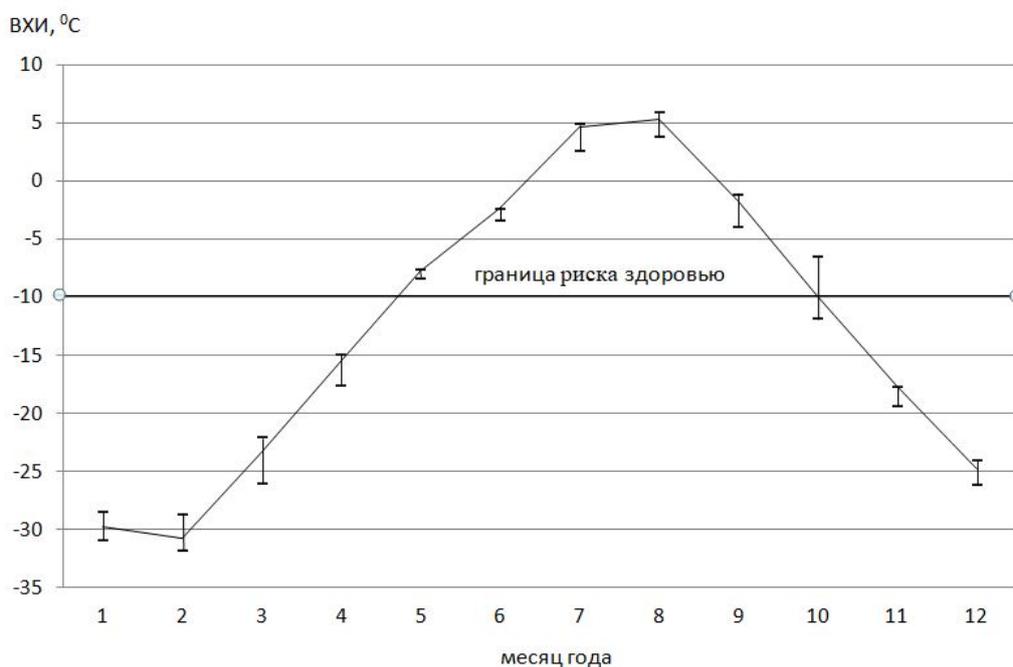


Рис. 2. Годовая характеристика погодно-климатических условий по ВХИ, определенным по минимальной температуре и максимальному ветру, Me (Q25-Q75)

Fig. 2. Annual characteristic of weather and climatic conditions according to WCI, determined by the minimum temperature and maximum wind, Me (Q25-Q75)

**Обсуждение результатов.** Авачинская агломерация является одной из трех зон опережающего экономического роста Камчатки. При этом г. Петропавловск-Камчатский играет роль основного торгового, образовательного и научного центра для близлежащих населенных пунктов. В пределах агломерации сосредоточено две трети населения и социально-экономического потенциала (Распоряжение Правительства РФ от 28.12.2009 года №2094-р<sup>1</sup>). Однако погодно-климатические, экологические условия для проживания на данной территории являются неблагоприятными. Они оказывают негативное влияние на здоровье населения [14-17].

Поэтому важным является оценка степени риска для здоровья населения погодно-климатических условий на территории Камчатки, в частности Авачинской агломерации, которая направлена на обеспечение безопасности труда и сохранение здоровья при работах на открытой территории<sup>2</sup>.

Помесячная оценка средних значений температур показывает, что они круглогодично не являются комфортными для человека: 9 мес. в году – это холодная среда, а остальные 3 – дискомфортная. При минимальных температурных воздействиях человек на ОТ круглогодично находится в холодной среде. Непосредственное или опосредованное влияние отрицательных температур приводит к охлаждению организма (общему, локальному), нарушает двигательную активность, координацию и способность выполнять точные операции, вызывает тормозные процессы в коре головного мозга, способствует развитию заболеваемости, травматизму; влияет на безопасность и производительность работы [18-21].

Такие условия создают неудобства для населения – это использование даже в летний период года теплых вещей, а для работающих – использование индивидуальных средств защиты от холода.

При средних значениях температуры и ветра ВХИ показывает наличие только 1 класса риска здоровью (дискомфорт и прохлада). Однако при минимальной температуре и максимальном ветре класс риска здоровью повышается. Вероятно, еще более негативно влияние погодно-климатических условий при порывах ветра, а его сила достигала штормового значения. Как известно, ветер влияет на восприятие температуры на ОТ, его сила обуславливает отведение тепла от тела [22-26]: увеличение на 1 м/с понижает температуру среды на 2 °С [27].

Таким образом, полученные данные актуализируют проведение оценки риска для здоровья физических факторов внешней среды как для населения в целом, так и на производствах, осуществляемых на открытой территории Авачинской агломерации (в целом на Камчатке). При этом, как и другие авторы, полагаем необходимым проведение оценки с учетом наиболее максимальных значений погодно-климатических факторов [25, 28].

#### **Выводы:**

1. Значения биоклиматического ветро-холодового индекса и гигиенические критерии (класс опасности, время переохлаждения обнаженных частей тела человека) доказывают, что Авачинская агломерация является территорией холодного риска для здоровья населения Камчатки.

2. При средних месячных значениях температуры и скорости движения воздуха холодная среда на открытой территории в условиях Авачинской агломерации определяется в течение 9 мес. в году; в остальные 3 мес. условия не обеспечивают комфорт пребывания даже в летний период. При крайних значениях метеофакторов холодная среда определяется круглогодично.
3. Ветро-холодовой индекс, определенный по средним месячным показателям температуры и скорости ветра, указывал на наличие 1-го класса риска здоровью в январе и феврале, по минимальной температуре и максимальному ветру – в течение 6 мес.: апрель, ноябрь – 1-й класс риска, январь, февраль – 2-й, декабрь и март – переходный (1-2-й классы).
4. По медиане значений ветро-холодового индекса и размаху 25-75 квартилей риск здоровью – 7 мес. в году: апрель, октябрь, ноябрь – 1-й класс, декабрь-март – 2-й класс.

#### Список литературы:

1. Куроедов В. И. Национальные интересы России в Мировом океане. Морской сборник. 2015;1: 42-47.
2. Штаммлер-Госсман А. Что такое Север? Концепция российского пространства. Арктика XXI век. Гуманитарные науки. 2013; 1(1):30-52.
3. Галлямова Л. И. Дальний Восток в контексте государственной политики России на Тихом океане. Россия и АТР. 2012;4(78): 29-41.
4. Фролова А. М. Социально-экономическое развитие Камчатского края среди регионов Дальневосточного федерального округа. Роль статистики в современном обществе и эффективном управлении: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Сыктывкар: Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Коми. 2019: 287-291.
5. Ширкова Е.Э., Ширков Э.И., Дьяков М.Ю. Природно-ресурсный потенциал Камчатки, его оценка и проблемы использования в долгосрочной перспективе. Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и Северо-западной части Тихого океана. 2014;35:5-21. DOI 15853/2072-8212.2014.35.5-21.
6. Груздева Е.В. Предпринимательская деятельность в условиях территорий опережающего развития (на примере развития туризма в ТОР «Камчатка»). МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2016; 7 (4): 134-140. DOI: 10.18184/2079-4665.2016.7.4.134.140.
7. Дворцова Е. Н. Проблемы и возможности формирования хозяйства прибрежных территорий России (на примере Камчатского края). Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2010;28 (85): 18-26.
8. Бирюкова А.А. Динамика развития туристской индустрии в Камчатском крае в рамках реализации стратегии развития туризма. Развитие теории и практики управления социальными и экономическими системами. 2019;8: 73-77.- DOI: 10.24411/9999-026A-2019-00017.

9. Нагорский А. А. Реализация Военно-морским флотом положений морской доктрины Российской Федерации. Морской сборник. 2017; 2(2039): 44-55.
10. Агеев В.А. Реализация особого правового режима осуществления предпринимательской деятельности в рамках территории опережающего социально-экономического развития «Камчатка» и «Свободный порт Владивосток» в Камчатском крае. Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития. 2019; 1-2:128-133.
11. Кузнецов А.В. Влияние территорий опережающего развития на устойчивость социально-экономической системы региона (на примере Камчатского края). Теория и практика сервиса: экономика, социальная сфера, технологии. 2016; 4 (30): 30-33.
12. Трифонов С.С. Камчатка в системе геополитической безопасности России: теоретический аспект. Вестник Камчатского государственного технического университета. 2004; 3: 209-212.
13. Monmonier M. Defining the Wind: The Beaufort Scale, and How a 19th Century Admiral Turned Science into Poetry. Published online: 29 Feb 2008. Pages 474-475. DOI: 10.1111/j.0033-0124.2005.493\_1.x.
14. Николаенко Е.Н. Характеристика экологических факторов г. Петропавловска-Камчатского. Теория и практика современных гуманитарных и естественных наук. Петропавловск-Камчатский. 2015: 114-117.
15. Погорелов А.Р., Вовженяк И.С., Лозовская С.А. Природно-рекреационный потенциал Камчатского края. Вестник Камчатского государственного технического университета. 2017; 41:110-116. DOI: 10.17217/2079-0333-2017-41-110-116.
16. Кулик А. А. Специфика образа жизни людей, проживающих в сложных климатогеографических условиях. Вестник Кемеровского государственного университета. 2020; 22 (1): 139-151. DOI: 10.21603/2078-8975-2020-22-1-139-151.
17. Перервенко О.В., Антонюк М.В. Природно-климатическая и эколого-гигиеническая характеристика Камчатского края и здоровье пришлого населения. Здоровье. Медицинская экология. Наука. 2010; 43: 8-12.
18. Григорьева Е. А., Христофорова Н. К. Биоклимат Дальнего Востока России и здоровье населения. Экология человека. 2019; 5: 4-10. DOI: 10.33396 / 1728-0869-2019-5-4-10.
19. Шипко Ю.В., Шувакин Е.В., Шуваев М.А. Регрессионные модели оценки безопасности работ персонала на открытой территории в жестких погодных условиях/ Воздушно-космические силы. Теория и практика. 2017; 1:131–140.
20. Чашин В.П., А. Б. Гудков А.Б., Чашин М. В, Попова О.Н. Предиктивная оценка индивидуальной восприимчивости организма человека к опасному воздействию холода. Экология человека. 2017; 5: 3-13.
21. Бочаров М.И. Терморегуляция организма при холодových воздействиях (обзор). Сообщение I. Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Медико-биологические науки. 2015;1: 5–15.
22. de Freitas C.R., Grigorieva E.A. A comprehensive catalogue and classification of human thermal climate indice. Int. J. Biometeorol. 2015; 59: 109–120. DOI: 10.1007/s00484–014–0819–3.

23. de Freitas C.R., Grigorieva E.A. A comparison and appraisal of a comprehensive range of human thermal climate indices. *Int. J. Biometeorol.* 2017; 61: 487–512. DOI: 10.1007/s00484-016-1228-6.
24. Holmér I. Evaluation of cold workplaces: an overview of standards for assessment of cold stress. *IndHealth.* 2009; 47 (3): 228-34. DOI: 10.2486/indhealth.47.228.
25. Мастрюков С.И., Червякова И.В. Обзор современных отечественных и зарубежных методов оценки ветрового охлаждения человека. *Навигация и гидрография.* 2014; 38: 83–90.
26. Ivankova. Explainer: What is Wind Chill? What are Its Effects? Posted on January 31, 2019. <https://www.profolus.com/topics/explainer-what-is-wind-chill-what-are-its-effects>.
27. Латышева И.В., Лощенко К.А., Потемкин В.Л., Потемкина Т.Г., Астафьева Н.В. Интегральные биоклиматологические показатели в исследованиях климата Иркутской области за период 1970–2010 гг. *Междисциплинарный научный и прикладной журнал «Биосфера».* 2014;6 (3): 265-274.
28. Рахманов Р.С., Богомолова Е., Нарутдинов Д.А., Пискарев Ю.Г., Токарева Л.И. Оценка региональных погодных-климатических условий как факторов риска здоровью по ветро-холодovому индексу. *Санитарный врач.* 2021; 3: 35-43. DOI 10.33920/med-08-2103-04.

#### References:

1. Gallyamova L. I. The Far East in the context of the state policy of Russia in the Pacific Ocean. *Russia and the Asia-Pacific region.* 2012; 4 (78): 29-41.
2. Stammer-Gossman A. What is the North? The concept of the Russian space. *Arctic XXI century. Gumanitarnye nauki.* 2013;1 (1): 30-52.
3. Gallyamova L.I. The Far East in the context of the state policy of Russia in the Pacific Ocean. *Rossiia i ATR.* 2012; 4 (78): 29-41.
4. Frolova A.M. Social and economic development of the Kamchatka Territory among the regions of the Far Eastern Federal District. The role of statistics in modern society and effective management: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference. Syktyvkar: Territorialnyi organ Federalnoy Sluzhby Gosudarstvennoy Statistiki Respubliki Komi. 2019: 287-291.
5. Shirkova E.E., Shirkov E.I., Dyakov M.Yu. Natural resource potential of Kamchatka, its assessment and problems of long-term use. Research of aquatic biological resources of Kamchatka and the North-Western part of the Pacific Ocean. 2014; 35:5-21. DOI 15853/2072-8212. 2014.35.5-21.
6. Gruzdeva E.V. Entrepreneurial activity in the conditions of priority development territories (on the example of tourism development in the "Kamchatka" torus). *MIR (Modernization. Innovation. Development).* 2016;7 (4):134-140. DOI: 10.18184 / 2079-4665. 2016.7.4.134.140.
7. Dvortsova E.N. Problems and opportunities for the formation of the economy of the coastal territories of Russia (on the example of the Kamchatka Territory). *Natsionalnye interesy: priority i bezopasnost.* 2010;28 (85):18-26.

8. Biryukova A.A. Dynamics of the development of the tourism industry in the Kamchatka Territory within the framework of the implementation of the tourism development strategy. Development of theory and practice of the theory of management of social and economic systems. 2019; 8: 73-77. DOI: 10.24411 / 9999-026A-2019-00017.
9. Nagorskiy AA Implementation by the Navy of the provisions of the marine doctrine of the Russian Federation. Morskoy sbornik. 2017; 2 (2039): 44-55.
10. Ageev V.A. Implementation of a special legal regime for entrepreneurial activities within the territory of advanced social and economic development "Kamchatka" and "Free Port of Vladivostok" in the Kamchatka Territory. Technical operation of water transport: problems and ways of development. 2019; 1-2: 128-133.
11. Kuznetsov A.V. Influence of territories of advanced development on the stability of the socio-economic system of the region (on the example of the Kamchatka Territory). Teoriya i praktika sluzhby: economica, socialnaya sfera, tekhnologiya. 2016; 4 (30): 30-33.
12. Trifonov S.S. Kamchatka in the system of geopolitical security of Russia: theoretical aspect. Vestnik Kamchatskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta. 2004; 3: 209-212.
13. Monmonier M. Defining the Wind: The Beaufort Scale, and How a 19th Century Admiral Turned Science into Poetry. Published online: 29 Feb 2008. Pages 474-475. DOI: 10.1111/j.0033-0124.2005.493\_1.x.
14. Nikolaenko E.N. Characteristics of ecological factors of Petropavlovsk-Kamchatsky. Theory and practice of modern humanitarian and natural sciences. Petropavlovsk-Kamchatsky. 2015: 114-117.
15. Pogorelov A.R., Vovzhenyak I.S., Lozovskaya S.A. Natural and recreational potential of the Kamchatka Territory Bulletin of the Kamchatka State Technical University. 2017; 41: 110-116. DOI: 10.17217 / 2079-0333-2017-41-110-116.
16. Kulik AA Specificity of the way of life of people living in difficult climatic and geographical conditions. Bulletin of the Kemerovo State University. 2020; 22 (1): 139-151. DOI: 10.21603/2078-8975-2020-22-1-139-151.
17. Perervenko O.V., Antonyuk M.V. Natural-climatic and ecological-hygienic characteristics of the Kamchatka Territory and the health of the newcomer population. Zdoroviye. Meditsinskaya ekologiya. Nauka. 2010; 43: 8-12.
18. Grigorieva E. A., Khristoforova N. K. Bioclimate of the Russian Far East and the health of the population. Ekologiya cheloveka. 2019; 5: 4-10. DOI: 10.33396 / 1728-0869-2019-5-4-10.
19. Shipko Yu.V., Shuvakin E.V., Shuvaev M.A. Regression models for assessing the safety of personnel work in an open area in severe weather conditions. Vozdushno-kosmicheskie sily. Teoriya i praktika. 2017; 1: 131-140.
20. Chashchin VP, AB Gudkov AB, Chashchin MV, Popova O.N. Predictive assessment of the individual susceptibility of the human body to the dangerous effects of cold. Ekologiya cheloveka. 2017; 5: 3-13.
21. Bocharov M.I. Thermoregulation of the body during cold exposure (review). Communication I. Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) Federalnogo Universiteta. Ser.: Biomeditsinskie nauki. 2015; 1: 5-15.

22. de Freitas C.R., Grigorieva E.A. A comprehensive catalogue and classification of human thermal climate indice. *Int. J. Biometeorol.* 2015; 59: 109–120. DOI:10.1007/s00484–014–0819–3.
23. de Freitas C.R., Grigorieva E.A. A comparison and appraisal of a comprehensive range of human thermal climate indices. *Int. J. Biometeorol.* 2017; 61: 487–512. DOI: 10.1007/s00484-016-1228-6.
24. Holmér I. Evaluation of cold workplaces: an overview of standards for assessment of cold stress. *Ind Health.* 2009; 47 (3):228-34. DOI: 10.2486/indhealth.47.228.
25. Mastryukov S.I., Chervyakova I.V. Review of modern domestic and foreign methods for assessing human wind cooling. *Navigatsiya i Gidrografiya.* 2014; 38: 83-90.
26. Ivankov A. Explainer: What is Wind Chill? What are Its Effects? Posted on January 31, 2019. <https://www.profolus.com/topics/explainer-what-is-wind-chill-what-are-its-effects>.
27. Latysheva I.V., Loshchenko K.A., Potemkin V.L., Potemkina T.G., Astafieva N.V. Integral bioclimatological indicators in studies of the climate of the Irkutsk region for the period 1970–2010. *Mezhdistsiplinarny nauchny i prikladnoy zhurnal "Biosfera"*. 2014; 6 (3): 265-274.
28. Rakhmanov R.S., Bogomolova E., Narutdinov D.A., Piskarev Yu.G., Tokareva L.I. Assessment of regional weather and climatic conditions as health risk factors according to the wind-cold index. *Sanitary Doctor.* 2021; 3: 35-43. DOI 10.33920 / med-08-2103-04.

Поступила/Received: 10.03.2022

Принята в печать/Accepted: 11.04.2022

УДК 614.71+613.155:616-053.6

## КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ИНГАЛЯЦИОННОГО РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ ПОДРОСТКОВ С УЧЕТОМ ДОЛЕВОГО ВКЛАДА ВОЗДУХА ПОМЕЩЕНИЙ

Мыльникова И.В., Ефимова Н.В., Кудаев А.Н.

ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований»,  
Ангарск, Россия

*Европейским бюро ВОЗ отмечена важность оценки ингаляционного риска для здоровья детей. Для корректной оценки риска необходимо учитывать не только комплексное воздействие воздушной среды атмосферы и учебных помещений, но и индивидуальность физического развития детей и подростков, в том числе определяющих уровень ингаляционной нагрузки.*

**Цель исследования** – изучить риск здоровью подростков, связанный с воздействием химических веществ, поступающих из воздушной среды атмосферы и помещений.

**Материал и методы.** Исследование включает два этапа. Первый этап объединил изучение параметров физического развития 202 подростков 15 лет (92 юношей и 110 девушек) и качества атмосферного воздуха, воздуха учебных помещений. На втором этапе проведена оценка ингаляционного риска с учетом пола, антропометрического профиля и скорости ингаляции. Сценарии ингаляционной экспозиции разработаны для подростков, обучающихся по типовым образовательным программам и не занимающихся в организациях дополнительного образования.

**Результаты.** Применение кластерного анализа позволило объединить подростков разного пола в группы с близкими по значениям антропометрическими признаками. У юношей определены более высокие значения  $HI$ , чем у девушек, что обусловлено значениями жизненной емкости легких и временем экспозиции. Величины  $HI$  в кластерах юношей и девушек занимают интервал значений, соответствующий высокому уровню риска для здоровья подростков ( $HI > 3$ ). Ведущий вклад в величину  $HI$  вносят формальдегид, бенз(а)пирен и взвешенные вещества. Обращает внимание, что вклад в суммарную дозу химических веществ, поступающих в организм в течении суток, наибольший из воздуха школьных помещений.

**Заключение.** Использование персонализированного и риск-ориентированного подходов позволяет получить объективную информацию при оценке риска для здоровья детей и подростков.

**Ключевые слова:** ингаляционный риск, физическое развитие, загрязнение воздушной среды атмосферы и учебных помещений, подростки.

**Для цитирования:** Мыльникова И.В., Ефимова Н.В., Кудаев А.Н. Комплексная оценка ингаляционного риска для здоровья подростков с учетом долевого вклада воздуха помещений. Медицина труда и экология человека. 2022;2:113-127.

**Для корреспонденции:** Мыльникова Инна Владимировна, д.м.н., доцент, ФГБНУ ВСИМЭИ, с.н.с. лаборатории эколого-гигиенических исследований, e-mail:

inna.mylnikova.phd.ms@gmail.com

**Финансирование:** работа выполнена в рамках средств, выделяемых для выполнения государственного задания ФГБНУ ВСИМЭИ.

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

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2022-10209>

## COMPREHENSIVE INHALATION RISK ASSESSMENT FOR ADOLESCENTS' HEALTH INCLUDING THE SHARING CONTRIBUTION OF INDOOR AIR

Mylnikova I.V., Efimova N.V., Kudaev A.N.

East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, Angarsk, Russia

**Introduction.** The WHO European Office emphasises the importance of inhalation risk assessment for children's health. The aim of the study is to investigate health risks for adolescents associated with exposure to chemicals coming from the outdoor and indoor air.

**Material and methods.** The research includes two stages. The first stage combined the study of the parameters of physical development (92 boys and 110 girls aged 15) and pollution of outdoor and indoor air. At the second stage, the inhalation risk was assessed taking into account gender, anthropometric profile and inhalation rate. Scenarios of inhalation exposure have been developed for adolescents studying according to standard educational programs and not involved in additional education organizations.

**Results.** The use of cluster analysis made it possible to unite adolescents of different sexes into groups with similar anthropometric characteristics. In boys, higher HI values were determined than in girls, which is due to the values of lung capacity and exposure time. Different values of the HI indicator in the clusters of boys and girls occupy the range of values corresponding to the alarming level of risk for the health of adolescents. The leading contribution to the HI value is made by formaldehyde, benzo(a)pyrene, and particulate matters. Contribution to the total dose of chemicals entering the body during the day, the largest from the indoor air of school premises.

**Conclusion.** A personalized and risk-based approach to risk assessment allows to obtain objective information about the danger to the health of children and adolescents.

**Keywords:** inhalation risk, physical development, air pollution, outdoor and indoor air, adolescents.

**Citation:** Mylnikova I.V., Efimova N.V., Kudaev A.N. Comprehensive inhalation risk assessment for adolescents' health including the sharing contribution of indoor air. *Occupational health and human ecology*. 2022;2:113-127.

**Correspondence:** Inna V. Mylnikova, Doctor of Medicine, associate professor, East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, Senior Researcher at the laboratory of environmental and hygienic research, e-mail: inna.mylnikova.phd.ms@gmail.com

**Financing:** The work was carried out within the framework of the funds allocated to fulfill the state task of the VSIMEI.

**Conflict of Interest:** The authors declare no conflict of interest.

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2022-10209>

Неудовлетворительное качество атмосферного воздуха городских территорий общепризнанно является одной из основных причин развития хронических неинфекционных заболеваний взрослого и детского населения [1, 2, 3, 4]. Учитывая наибольшую уязвимость детского организма к ингаляционному воздействию химических веществ в гигиенических исследованиях достаточно внимания уделяется оценке загрязнения воздушной среды учебных и жилых помещений [5, 6, 7]. Европейским региональным бюро ВОЗ 16 июня 2021 г. обозначена важность проведения исследований по оценке химических рисков в воздухе с особым вниманием к здоровью детей. В рекомендациях ВОЗ по качеству воздуха (2021) отмечено, что в 2016 г. свыше 550 тыс. случаев смерти в Европейском регионе ВОЗ обусловлены комбинированным воздействием химических веществ, содержащихся в атмосферном воздухе и воздухе помещений [8]. Доказано, что содержание химических соединений на уровне допустимых концентраций оказывает выраженное неблагоприятное влияние на различные системы растущего организма [9, 10, 11].

В связи с этим важное значение приобретают методологические аспекты оценки риска для здоровья детского населения. Многочисленные исследования посвящены оценке значений коэффициентов и индексов общетоксического риска, обусловленного ингаляционным поступлением химических веществ в организм. При этом исследования, учитывающие индивидуальные особенности физического развития, в том числе функции внешнего дыхания, практически отсутствуют. На основании изложенного чрезвычайно важно изучить комплексный ингаляционный риск для здоровья подростков в зависимости от антропометрических особенностей, пола и возраста.

**Цель исследования** – изучить риск здоровью подростков, связанный с воздействием химических веществ, поступающих из воздушной среды атмосферы и помещений.

**Материалы и методы.** Исследование проведено методом естественного гигиенического эксперимента. В исследовании приняли участие 202 подростка 15 лет (92 юношей и 110 девушек), обучающихся в общеобразовательных учреждениях г.Ангарска. Критерии включения: рождение в результате срочных родов от 1-2 неосложненной беременности; перинатальный статус неотягощен неврологической, генетической и другой патологией; принадлежность к славянской этнической группе. Дети обследованы с информированного согласия родителей/опекунов.

Исследование проведено в два этапа. На первом этапе изучены показатели физического развития подростков и качество атмосферного воздуха, воздуха учебных помещений.

Физическое развитие подростков определяли с применением антропометрических методов для оценки соматометрических (длины и массы тела, окружности грудной клетки в покое, на вдохе и выдохе) и физиометрических показателей (жизненной емкости легких). Показатель внешнего дыхания – ЖЕЛ регистрировали с помощью спирометра Microlab (MicroMedical, United Kingdom). Для характеристики физического развития рассчитывали индексы: индекс массы тела (ИМТ, у.е.); индекс Пинье (ИП, у.е.); экскурсию грудной клетки (ЭГК, см); жизненный индекс Котельмана и Мак-Дональда (ЖИ, мл/кг).

Для изучения скорости ингаляции проводили тест на восстановление после восхождения на ступеньку в течение 2 минут с частотой 60 восхождений в 1 минуту. Высоту ступеньки подбирали в соответствии с длиной ноги. При выполнении нагрузочного теста определяли частоту дыхания (ЧД, у.е.) в покое и при нагрузке.

Качество воздушной среды оценивали по данным ФГБУ «Иркутское УГМС» и результатам ранее проведенных исследований, выполненных в лаборатории аналитической экотоксикологии и биомониторинга ФГБНУ ВСИМЭИ (зав. лаб. к.б.н. О.М. Журба). Уровень загрязнения атмосферного воздуха в г.Ангарске оценивали по среднемесячным и среднегодовым данным постов наблюдения за 2017-2021 годы в сравнении со среднесуточными и среднегодовыми ПДК соответственно [12]. Анализировали содержание взвешенных веществ, оксида серы, оксида углерода, диоксида азота, формальдегида, фтористого водорода, фенола. Качество воздушной среды помещений изучали по результатам измерений, проведенных в кабинетах 5 школ. Отбор проб проводили после 2-3-го урока при закрытых форточках (до проветривания) в течение 20 минут по трем точкам (у доски, в центре и конце класса на партах), на высоте 1,2 м от уровня пола. Объем исследований составил 1089 проб воздуха учебных помещений.

Второй этап исследований представлен комплексной оценкой ингаляционного риска для здоровья сформированных групп подростков, подвергающихся воздействию химических веществ, содержащихся в атмосферном воздухе и воздухе учебных помещений. Оценка общетоксического риска для здоровья детей, а также расчет коэффициентов и индексов опасности (HQ и HI) выполнены в соответствии с «Руководством по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания» Р 2.1.10.1920-04. HQ и HI рассчитывали по нескольким сценариям, разработанным с учетом результатов физиологического обследования и анкетирования. В качестве референтных величин для поступающих веществ использовали дозу (RfD), рассчитанную из соответствующих концентраций.

Сценарии ингаляционной экспозиции разработаны для девушек и юношей 15 лет, обучающихся в организациях основного среднего образования в 1-ю смену по типовым программам и не занимающихся в организациях дополнительного образования. Анализ расписания учебных занятий показал, что учащиеся занимаются 6 дней по 6 уроков в день 34 недели. Исходя из этого рассчитано время пребывания в кабинетах информатики – 0,2 часа в сут., в спортивных залах – 0,2 ч/сут., в прочих учебных кабинетах, где статистически значимых различий по содержанию химических веществ выявлено не было, – 4,9 ч/сут. В соответствии с данными анкет время нахождения на открытом воздухе, включая время на дорогу в школу и домой, для девушек составило 3 часа в сутки, для юношей – 4 ч/сут., а нахождение в жилых помещениях – 15,7 и 14,7 ч/сут. соответственно. По результатам спирометрии в покое и во время физической нагрузки (1-й этап степ-теста) рассчитана скорость ингаляции для атмосферного воздуха, нахождении в учебных и жилых помещениях и занятиях в спортзале по 4 кластерам юношей и девушек.

Статистический анализ проводили с использованием пакета прикладных программ STATISTICA, версия 10.0 для MS Windows. Комплекс индексов физического развития

подростков обработали методами кластерного анализа (иерархическим – для определения количества кластеров, k-means – для интерпретации и профилирования кластеров). Характер распределения значений анализируемых показателей в кластерах оценивали по результатам теста Колмогорова-Смирнова. Исследуемые показатели представлены средними значениями и стандартными отклонениями ( $M \pm \sigma$ ). Статистическую значимость различий показателей между кластерами оценивали с применением t-критерия Стьюдента для независимых выборок. Критической величиной уровня значимости различий считали  $p < 0,05$ . Ряды измерений химических веществ в атмосферном воздухе и воздушной среде учебных помещений проверили на нормальность распределения методом Шапиро-Уилка. Для расчета дозы учитывали средние концентрации примесей в воздухе атмосферы и помещений.

**Результаты.** Проведение иерархической кластеризации выявило в группах мальчиков и девочек по 5 кластеров. Интерпретация и профилирование кластеров с помощью метода k-means показали, что один из кластеров как у мальчиков, так и у девочек образован подростками с ожирением. Поэтому из дальнейшего исследования подростки, входящие в данные кластеры, были исключены.

Оценка *индивидуальных характеристик физического развития у юношей* выявила преобладание подростков с гармоничным физическим развитием в 1-, 2- и 3-м кластерах ( $61,6 \pm 13,5$ ,  $76,5 \pm 7,3$  и  $60 \pm 10,9\%$  соответственно). Обращает внимание, что в 3-м и 4-м кластерах выявлены юноши, имеющие гармоничное физическое развитие с отставанием в возрасте ( $10 \pm 6,7$  и  $14,3 \pm 7,6\%$  соответственно). Четвертый кластер образован преимущественно юношами с дефицитом массы тела –  $47,5 \pm 10,9\%$ . Тогда как удельный вес юношей во 2-м и 3-м кластерах составляет  $11,7 \pm 5,5$  и  $20 \pm 8,9\%$  соответственно. Повышенная длина тела отмечена в 1-, 2- и 4-м кластерах – у  $15,4 \pm 10$ ,  $5,9 \pm 4$  и  $9,6 \pm 6,4\%$  соответственно. Вариант пониженной длины тела выявлен во 2-, 3- и 4-м кластерах – у  $5,9 \pm 4$ ,  $10 \pm 6,7$  и  $9,6 \pm 6,4\%$  соответственно.

Антропометрический профиль юношей 1-го кластера характеризуется по индексу Пинье – гиперстеническим телосложением, по ИМТ – избыточной массой тела, по показателю экскурсии грудной клетки – средним развитием грудной клетки, по жизненному индексу – уровень развития аппарата внешнего дыхания ниже среднего (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика физического развития юношей в разных кластерах ( $M \pm \sigma$ )

Table 1

Characteristics of the physical development of girls in different clusters ( $M \pm \sigma$ )

Показатели и индексы	1-й кластер (n=13)	2-й кластер (n=34)	3-й кластер (n=20)	4-й кластер (n=21)	Достоверность различий
Рост, см	176,7±5,2	172±5,1	169±6,2	168,5±8,7	1-2 p = 0,008 1-3 p = 0,000 1-4 p = 0,004
Вес, кг	76,2±6,6	59,5±4,9	54,8±5,8	51,7±7,2	1-2 p = 0,000 1-3 p = 0,000 1-4 p = 0,000 2-3 p = 0,003 2-4 p = 0,000
Окружность грудной клетки в покое, см	92,7±4,3	82,6±3	78,6±3,2	76,6±4	1-2 p = 0,000 1-3 p = 0,000 1-4 p = 0,000 2-3 p = 0,000 2-4 p = 0,000
Окружность грудной клетки на вдохе, см	97,7±4,2	88,1±3,2	84,2±3,2	82,2±4,3	1-2 p = 0,000 1-3 p = 0,000 1-4 p = 0,000 2-3 p = 0,000 2-4 p = 0,000
Окружность грудной клетки на выдохе, см	91,8±4,2	81,7±3	77,8±2,9	75,9±4	1-2 p = 0,000 1-3 p = 0,000 1-4 p = 0,000 2-3 p = 0,000 2-4 p = 0,000
Жизненная емкость легких, л	4,1±0,8	3,5±0,5	3,5±0,7	3,2±0,7	1-2 p = 0,006 1-4 p = 0,006
Индекс массы тела, у.е.	24,4±1,7	20,1±1,3	19,2±1,3	18,1±1,4	1-2 p = 0,000 1-3 p = 0,000 1-4 p = 0,000 2-3 p = 0,013 2-4 p = 0,000 3-4 p = 0,019

Индекс Пинье, у.е.	7,8±3,1	29,9±5,6	35,5±5,6	40,2±6,7	1-2 p = 0,000 1-3 p = 0,000 1-4 p = 0,000 2-3 p = 0,000 2-4 p = 0,000 3-4 p = 0,020
Экскурсия грудной клетки, см	5,9±1,9	6,4±1,6	6,4±1,4	6,3±1,6	-
Жизненный индекс, мл/кг	53,5±11,4	59±7,4	64,5±12,1	62,3±9,4	1-3 p = 0,014 1-4 p = 0,021 2-3 p = 0,045

Юноши, образовавшие 2-й кластер, имели по индексу Пинье – нормостеническое телосложение, по ИМТ – нормальную массу тела, по параметру экскурсии грудной клетки – средний уровень развития грудной клетки, по жизненному индексу – средний уровень развития аппарата внешнего дыхания. Третий и четвертый кластеры образованы юношами, имеющими астеническое телосложение (по индексу Пинье), нормальную массу тела (по ИМТ), средний уровень развития грудной клетки (по ЭГК) и уровень развития аппарата внешнего дыхания выше среднего (по ЖИ).

Оценка индивидуальных *антропометрических параметров у девушек* показала, что удельный вес лиц с гармоничным физическим развитием составляет в 1-м и 2-м кластерах – по 65,4±9,3%, в 3-м – 87,5±8,3%, в 4-м – 50±9,4%. Наиболее распространенный вариант дисгармоничного развития – отклонения длины тела от значений физиологической нормы. Повышенная длина тела отмечена в 1-м кластере у 23,1±8,3% девушек, во 2-м – у 7,7±5,2%, в 4-м – у 17,8±7,2%. Вариант пониженной длины тела выявлен в 1-м кластере – у 11,5±6,2% девушек, во 2-м кластере – у 15,4±7,1%, в 3-м и 4-м – у 12,5±8,3 и 21,4±7,7% соответственно.

Обобщенные характеристики физического развития у девушек в соответствии с распределением на кластеры представлены в таблице 2. Физическое развитие девушек, объединенных 1-м и 3-м кластерами, характеризуется нормостеническим телосложением, во 2-м и 4-м кластерах – астеническим телосложением (по индексу Пинье). Развитие грудной клетки по показателю экскурсии грудной клетки оценивается как слабое. При этом развитие аппарата внешнего дыхания, согласно жизненному индексу, у девушек 1-го и 3-го кластера соответствует среднему уровню, 2-го и 3-го кластера – уровню выше среднего и высокому уровню соответственно. Нормальная масса тела по ИМТ отмечена у всех обследованных девушек.

Таблица 2

Характеристика физического развития девушек в разных кластерах ( $M \pm \sigma$ )

Table 2

Characteristics of the physical development of girls in different clusters ( $M \pm \sigma$ )

Показатели и индексы	1-й кластер (n=26)	2-й кластер (n=26)	3-й кластер (n=16)	4-й кластер (n=28)	Достоверность различий
Рост, см	162,9±4,5	162,8±5,9	162,5±4,3	163,3±7,7	-
Вес, кг	57,9±4,7	51,1±4,6	55,6±3,2	49,3±6,4	<sup>1-2</sup> p = 0,000 <sup>1-4</sup> p = 0,000 <sup>2-3</sup> p = 0,001 <sup>3-4</sup> p = 0,000
Окружность грудной клетки в покое, см	81,2±3,5	71,8±4,3	78,1±4,8	71,8±4,5	<sup>1-2</sup> p = 0,000 <sup>1-3</sup> p = 0,018 <sup>1-4</sup> p = 0,000 <sup>2-3</sup> p = 0,000 <sup>3-4</sup> p = 0,000
Окружность грудной клетки на вдохе, см	85,3±3,7	76,3±4,4	82,6±5,4	76,2±4,9	<sup>1-2</sup> p = 0,000 <sup>1-4</sup> p = 0,000 <sup>2-3</sup> p = 0,000 <sup>3-4</sup> p = 0,000
Окружность грудной клетки на выдохе, см	80,5±3,3	71,2±4,4	77,5±4,9	70,8±4,6	<sup>1-2</sup> p = 0,000 <sup>1-3</sup> p = 0,022 <sup>1-4</sup> p = 0,000 <sup>2-3</sup> p = 0,000 <sup>3-4</sup> p = 0,000
Жизненная емкость легких, л	2,9±0,5	2,7±0,4	2,7±0,3	2,8±0,7	-
Индекс массы тела, у.е.	21,8±1,4	19,3±1,5	21,1±1,2	18,4±1,4	<sup>1-2</sup> p = 0,000 <sup>1-4</sup> p = 0,000 <sup>2-3</sup> p = 0,000 <sup>2-4</sup> p = 0,034 <sup>3-4</sup> p = 0,000
Индекс Пинье, у.е.	23,7±5,7	39,9±6,1	28,7±5,4	42,1±6,8	<sup>1-2</sup> p = 0,000 <sup>1-3</sup> p = 0,007 <sup>1-4</sup> p = 0,000 <sup>2-3</sup> p = 0,000 <sup>3-4</sup> p = 0,000
Экскурия грудной клетки, см	4,9±1,5	5,1±1,7	5,1±1,2	5,4±1,7	-
Жизненный индекс, мл/кг	49,5±9,5	53,9±7,5	49,4±5,8	57,2±5,4	<sup>1-4</sup> p = 0,033

Оценка содержания химических веществ в атмосферном воздухе г. Ангарска показала, что загрязненность атмосферного воздуха обусловлена, прежде всего, высоким содержанием бенз(а)пирена, концентрации которого в среднем превышают ПДК в 4 раза (максимальные среднемесячные зарегистрированы в зимние месяцы – кратность составила – 17,7 ПДК). Высокая кратность превышения среднегодового норматива отмечена также для формальдегида (среднее - 3 ПДКсг, максимальное среднемесячное – 2,5 ПДКсс), взвешенных веществ (1,6 ПДКсг, максимальное среднемесячное – 1,6 ПДКсс), диоксида азота (1,3 ПДКсг, максимальное среднемесячное – 1,1 ПДКсс).

В рассматриваемых помещениях концентрации химических веществ не превышали ПДКмр и находились в пределах следующих значений: формальдегид – 0,003-0,054 мг/м<sup>3</sup>; диоксид азота – 0,017-0,155 мг/м<sup>3</sup>; оксид углерода – 0,159-1,8 мг/м<sup>3</sup>; взвешенные вещества – 0,041-0,381 мг/м<sup>3</sup>; диоксид серы – 0,007-0,094 мг/м<sup>3</sup>; фтористый водород – 0,002-0,007 мг/м<sup>3</sup>; фенол – 0,0001-0,007 мг/м<sup>3</sup>. Отмечено, что учебные классы и особенно кабинеты информатики содержат большее количество примесей, по сравнению с жилыми помещениями.

Величины ингаляционного риска для отдельных групп подростков представлены в таблицах 3 и 4. Установлено, что дозы поступления химических веществ из всех видов воздушной среды у юношей больше, чем у девушек, что связано, во-первых, с различием жизненной емкости легких и, следовательно, скорости ингаляции. Во-вторых, величины суммарных доз зависят от времени экспозиции у юношей и девушек в условиях воздуха жилых помещений (наименее загрязненных) и на открытом воздухе, где содержание таких примесей, как формальдегид, бенз(а)пирен, диоксид азота, взвешенные вещества, превышает концентрации в воздухе жилых помещений [13].

При оценке ингаляционного риска для здоровья юношей 15 лет установлено, что суммарные дозы формальдегида и бенз(а)пирена, поступающих в организм, превышают RfD при хроническом ингаляционном воздействии. Сравнительная оценка HQ показала, что у юношей всех кластеров HQ большинства веществ не превышает допустимый уровень ингаляционного риска (0,11-1,0). Тогда как HI соответствует высокому уровню риска (>3) у всех обследованных юношей, достигая максимального значения во 2-м кластере (HI= 4,98). Отмечено, что наибольший вклад в величину HI у юношей всех 4 кластеров вносят формальдегид (33,5-33,8%), бенз(а)пирен (20-20,1%) и взвешенные вещества (16,5-16,7%).

Таблица 3

**Оценка риска для здоровья юношей 15 лет, обусловленного ингаляционным воздействием**

Table 3

**Health risk assessment for 15-year-old boys due to inhalation exposure**

Химические вещества	1-й кластер		2-й кластер		3-й кластер		4-й кластер	
	суммар. доза, мг/сут.	HQ						
<b>Взвешенные вещества</b>	1,2	0,73	1,1	0,83	0,9	0,80	0,9	0,76
SO <sub>2</sub>	0,2	0,20	0,2	0,23	0,2	0,22	0,2	0,21
CO	5,8	0,09	5,4	0,11	4,8	0,10	4,3	0,10
NO <sub>2</sub>	0,3	0,41	0,3	0,47	0,3	0,46	0,3	0,43
NO	0,2	0,16	0,2	0,18	0,2	0,18	0,2	0,17
Фенол	0,0	0,16	0,0	0,18	0,0	0,17	0,0	0,16
HF	0,2	0,27	0,2	0,31	0,1	0,29	0,1	0,28
Формальдегид	0,1	1,48	0,1	1,67	0,1	1,63	0,1	1,55
Бенз(а)пирен*	18,6	0,88	17,0	1,00	15,1	0,97	13,7	0,92
HI		4,39		4,98		4,82		4,59

Примечание: суммарная доза поступления бенз(а)пирена представлена в нг/сутки

Note: the total dose of benzo(a)pyrene intake is presented in ng/day

Оценка ингаляционного риска для здоровья девушек 15 лет показала, что суммарная доза формальдегида, поступающая в организм из воздуха вне и внутри помещений, превышает RfD при хроническом ингаляционном воздействии. Сопоставление HQ у девушек 1-4-го кластеров показало, что HQ по остальным веществам соответствует допустимому уровню ингаляционного риска. При этом HI у девушек, как и у юношей, оценивается как высокий. Максимальное значение HI выявлено у девушек 2-го кластера (HI=4,26). Установлено, что существенный вклад в величину HI у девушек всех 4 кластеров, как и у юношей, вносят формальдегид (33,9-34,3%), бенз(а)пирен (19,5-19,6%) и взвешенные вещества (15,9-16,8%).

Таблица 4

**Оценка риска для здоровья девушек 15 лет, обусловленного ингаляционным воздействием**

Table 4

**Health risk assessment for girls aged 15 due to inhalation exposure**

Химические вещества	1-й кластер		2-й кластер		3-й кластер		4-й кластер	
	суммар. доза, мг/сут.	HQ						
<b>Взвешенные вещества</b>	0,77	0,62	0,77	0,71	0,77	0,65	0,73	0,68
SO <sub>2</sub>	0,14	0,17	0,14	0,20	0,14	0,18	0,14	0,19
CO	3,89	0,08	3,89	0,09	3,89	0,08	3,72	0,09
NO <sub>2</sub>	0,23	0,34	0,23	0,40	0,23	0,36	0,22	0,38
NO	0,13	0,13	0,13	0,15	0,13	0,14	0,12	0,15
Фенол	0,01	0,13	0,01	0,15	0,01	0,14	0,01	0,15
HF	0,11	0,23	0,11	0,27	0,11	0,24	0,11	0,26
Формальдегид	0,06	1,25	0,06	1,45	0,06	1,33	0,06	1,39
Бенз(а)пирен*	11,86	0,72	11,86	0,83	11,87	0,76	11,36	0,80
HI		3,68		4,26		3,88		4,07

Примечание: суммарная доза поступления бенз(а)пирена представлена в нг/сутки

Note: the total dose of benzo(a)pyrene intake is presented in ng/day

Долевой вклад маршрута воздействия в HI у юношей представлен следующим образом: атмосферный воздух – 14,3%; воздух учебных классов – 55,3%; кабинета информатики – 2,6%; спортзала – 2,7%; жилых помещений – 25,1%. Распределение вклада у девушек не имело статистически значимых различий ( $p > 0,05$ ): атмосферный воздух – 15,5%; воздух учебных классов – 51,6%; кабинета информатики – 2,6%; спортзала – 3,2%; жилых помещений – 27,1%.

**Обсуждение.** Проведенные исследования дают возможность продвинуться в решении одной из актуальных задач, поставленных пленумом Научного совета по экологии человека и гигиене окружающей среды Российской Федерации в 2014 году, – «обоснование моделей причинной обусловленности неинфекционной заболеваемости и смертности населения от воздействия факторов окружающей среды для оценки риска их возникновения и разработки профилактических мероприятий с использованием эпидемиологических методов исследования» [14].

Формирование антропометрических профилей в популяции подростков 15 лет позволило установить вариабельность величины ингаляционного риска для здоровья среди юношей и девушек одной возрастной группы. Необходимо отметить, что у всех обследованных юношей и девушек значения HI соответствуют высокому уровню риска. При

этом максимальные значения ингаляционного риска отмечены у юношей 2-го кластера с оптимальными показателями физического развития – нормостеническим телосложением, нормальной массой тела, средним уровнем развития грудной клетки и аппарата внешнего дыхания. У девушек 2-го кластера с максимальным значением HI определено астеническое телосложение, нормальная масса тела, слабое развитие грудной клетки в сочетании с высоким уровнем развития аппарата внешнего дыхания. Таким образом, ингаляционный риск имеет более высокие значения у подростков с оптимальным развитием органов дыхания.

Оценка значений HQ выявила приоритетный вклад в величину HI следующих веществ – формальдегида, бен(а)пирена и взвешенных веществ. Изучение суммарной дозы анализируемых химических веществ у юношей и девушек 1-4-го кластеров указывает на отсутствие безопасности для здоровья. Долевой вклад в индекс опасности веществ, поступающих из атмосферного воздуха, составляет 14,5-15,7%, воздуха жилых помещений – 25,2-27,1%, воздуха школьных помещений с учетом длительности пребывания в них подростков – 57,6-60,8%. Установленный факт подтверждает необходимость разработки безопасных в гигиеническом отношении схем пребывания на открытом воздухе, занятий физической активности и т.д.

Совмещение персонализированного и риск-ориентированного подходов при оценке риска для здоровья детей и подростков позволяет на основе научно-медицинских знаний определять стратегические направления контрольно-надзорной деятельности по обеспечению санитарно-гигиенической безопасности для здоровья подрастающего поколения [15, 16].

Полученные в результате проведенного исследования данные могут быть включены в банки информационных данных о физическом развитии и ингаляционном риске для здоровья детей 7-17 лет в различных субъектах РФ. Ограничение результатов исследования обусловлено трудоемкостью и затратностью материально-технических и финансовых ресурсов для проведения специальных исследований, получения информации о здоровье подростков, качестве воздушной среды. Кроме того, для повышения точности оценки необходимо учитывать вариативность содержания химических веществ в атмосферном воздухе в различных районах города, а также рассеивание загрязняющих веществ в пределах территории наблюдения [17, 18].

**Заключение.** Оценка ингаляционного риска у юношей и девушек, проведенная с персонализированным учетом антропометрических параметров и сценария ингаляционной экспозиции выявила колебания значений общетоксического риска в пределах одной возрастной группы. Долевой вклад в индекс опасности веществ, поступающих из атмосферного воздуха, значительно ниже, чем из воздуха помещений. Наибольшее значение в формирование нагрузки вносит загрязнение воздуха школьных помещений, что определяет необходимость усиления контрольно-надзорных мероприятий за локальными источниками эмиссии токсикантов, соблюдением режима проветривания, наполняемости. Заслуживает внимания тот факт, что более высокие значения ингаляционного риска установлены у подростков с оптимальным уровнем развития органов дыхания. Анализ

результатов исследования свидетельствует о необходимости оценки риска для здоровья детей разного пола в период получения общего и среднего образования. Можно предположить, что к моменту завершения обучения в образовательной организации происходит суммация неблагоприятного влияния загрязнения воздушной среды атмосферы и учебных помещений.

#### Список литературы:

1. Прусакова А.В., Прусаков В.М. Оценка медико-экологического компонента качества жизни по уровню риска заболеваемости массовыми неинфекционными заболеваниями. *ActaBiomedicaScientifica* 2019; 4(2) : 44-50.
2. Попова А.Ю., Кузьмин С.В., Зайцева Н.В., Май И.В. Приоритеты научной поддержки деятельности санитарно-эпидемиологической службы в области гигиены: поиск ответов на известные угрозы и новые вызовы. *Анализ риска здоровью* 2021; 1 : 4-14.
3. Schraufnagel DE, Balmes JR, Cowl CT, De Matteis S, Jung SH, Mortimer K et al. Air Pollution and Noncommunicable Diseases: A Review by the Forum of International Respiratory Societies' Environmental Committee, Part 1: The Damaging Effects of Air Pollution. *Chest* 2019; 155(2):409-416.
4. Landrigan PJ, Fuller R, Fisher S, Suk WA, Sly P, Chiles TC et al. Pollution and children's health. *Sci Total Environ* 2019; 650(Pt 2):2389-2394.
5. Маснабиева Л.Б., Кудаева И.В. Влияние ингаляционной нагрузки формальдегидом на уровень цитокинов у подростков промышленных центров. *Анализ риска здоровью* 2020; 2: 110-116.
6. Brumberg HL, Karr CJ; COUNCIL ON ENVIRONMENTAL HEALTH. Ambient Air Pollution: Health Hazards to Children. *Pediatrics* 2021; 147(6):e2021051484.
7. Мельникова И.В. Гигиеническая оценка внутришкольной среды городских и сельских общеобразовательных учреждений. *Гигиена и санитария* 2016; 95(12): 1193-1197.
8. World Health Organization. (2021). WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329>. License: CC BY-NC-SA 3.0 IGO
9. Кучма В.Р., Сухарева Л.М., Рапопорт И.К., Шубочкина Е.И., Скоблина Н.А., Милушкина О.Ю. Популяционное здоровье детского населения, риски здоровью и санитарно-эпидемиологическое благополучие обучающихся: проблемы, пути решения, технологии деятельности. *Гигиена и санитария* 2017; 96 (10): 990-995.
10. Marcus M. Pollution at schools and children's aerobic capacity. *Health Econ.* 2021;30(12):3016-3031.
11. Costa LG, Cole TB, Dao K, Chang YC, Coburn J, Garrick JM. Effects of air pollution on the nervous system and its possible role in neurodevelopmental and neurodegenerative disorders. *Pharmacol Ther* 2020;210:107523.
12. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

13. Лисецкая Л.Г., Дедкова Л.А., Тихонова И.В., Тараненко Н.А. Оценка степени загрязненности воздуха и патология верхних дыхательных путей у подростков урбанизированных территорий Иркутской области. *Acta Biomedica Scientifica* 2013; 3-1(91): 91-95.
14. Решение Пленума Научного совета по экологии человека и гигиене окружающей среды Российской Федерации «Приоритеты профилактического здравоохранения в устойчивом развитии общества: состояние и пути решения проблем». *Гигиена и санитария* 2014; 93(6) : 119-121.
15. Дедов И.И. Персонализированная медицина. *Вестник РАМН* 2019;74(1):61–70.
16. Reis J., Spencer P.S. Decision-making under uncertainty in environmental health policy: new approaches. *Environ Health Prev Med* 2019; 24: 57.
17. Morelli X, Rieux C, Cyrus J, Forsberg B, Slama R. Air pollution, health and social deprivation: A fine-scale risk assessment. *Environ Res* 2016;147:59-70.
18. Fellini S, Salizzoni P, Ridolfi L. Vulnerability of cities to toxic airborne releases is written in their topology. *Sci Rep* 2021;11(1):23029.

#### References:

1. Prusakova A.V., Prusakov V.M. Assessment of the medical and environmental component of the quality of life in terms of the risk of morbidity with mass non-communicable diseases. *ActaBiomedicaScientifica* 2019; 4(2) : 44-50.
2. Popova A.Yu., Kuzmin S.V., Zaitseva N.V., Mai I.V. Priorities of scientific support for the activities of the sanitary and epidemiological service in the field of hygiene: the search for answers to known threats and new challenges. *Analiz riska zdorov'yu* 2021; 1 : 4-14.
3. Schraufnagel DE, Balmes JR, Cowl CT, De Matteis S, Jung SH, Mortimer K et al. Air Pollution and Noncommunicable Diseases: A Review by the Forum of International Respiratory Societies' Environmental Committee, Part 1: The Damaging Effects of Air Pollution. *Chest* 2019; 155(2):409-416.
4. Landrigan PJ, Fuller R, Fisher S, Suk WA, Sly P, Chiles TC et al. Pollution and children's health. *Sci Total Environ* 2019; 650(Pt 2):2389-2394.
5. Masnavieva L.B., Kudaeva I.V. Influence of formaldehyde inhalation load on the level of cytokines in adolescents from industrial centers. *Analiz riska zdorov'yu* 2020; 2: 110-116.
6. Brumberg HL, Karr CJ; COUNCIL ON ENVIRONMENTAL HEALTH. Ambient Air Pollution: Health Hazards to Children. *Pediatrics* 2021; 147(6):e2021051484.
7. Mylnikova I.V. Hygienic assessment of the intra-school environment of urban and rural educational institutions. *Gigiena i sanitariya*. 2016; 95(12): 1193-1197.
8. World Health Organization. (2021). WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub>), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329>. License: CC BY-NC-SA 3.0 IGO
9. Kuchma V.R., Sukhareva L.M., Rapoport I.K., Shubochkina E.I., Skoblina N.A., Milushkina O.Yu. Population health of the child population, health risks and sanitary and

- epidemiological well-being of students: problems, solutions, technologies of activity. *Gigiena i sanitariya*. 2017; 96 (10): 990-995.
10. Marcus M. Pollution at schools and children's aerobic capacity. *Health Econ*. 2021;30(12):3016-3031.
  11. Costa LG, Cole TB, Dao K, Chang YC, Coburn J, Garrick JM. Effects of air pollution on the nervous system and its possible role in neurodevelopmental and neurodegenerative disorders. *Pharmacol Ther* 2020;210:107523.
  12. Sanitary Rules and Norms 1.2.3685-21 "Hygienic requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans".
  13. Lisetskaya L.G., Dedkova L.A., Tikhonova I.V., Taranenko N.A. Assessment of the degree of air pollution and pathology of the upper respiratory tract in adolescents from urbanized areas of the Irkutsk region. *Acta Biomedica Scientifica* 2013; 3-1(91): 91-95.
  14. Decision of the Plenum of the Scientific Council of the Plenum of the Scientific Council on Human Ecology and Environmental Hygiene of the Russian Federation "Priorities of preventive healthcare in the sustainable development of society: state of the art and ways to solve problems." *Gigiena i sanitariya*. 2014; 93(6) : 119-121.
  15. Dedov I.I. Personalized medicine. *Herald of RAMS* 2019;74(1):61–70.
  16. Reis J., Spencer P.S. Decision-making under uncertainty in environmental health policy: new approaches. *Environ Health Prev Med* 2019; 24: 57.
  17. Morelli X, Rieux C, Cyrus J, Forsberg B, Slama R. Air pollution, health and social deprivation: A fine-scale risk assessment. *Environ Res* 2016;147:59-70.
  18. Fellini S, Salizzoni P, Ridolfi L. Vulnerability of cities to toxic airborne releases is written in their topology. *Sci Rep* 2021; 11(1):23029.

Поступила/Received: 04.04.2022

Принята в печать/Accepted: 05.05.2022

УДК 613.2:359.11

**ОЦЕНКА РЕАКЦИИ ОРГАНИЗМА ПО ИНТЕГРАЛЬНЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ  
ЗДОРОВЬЯ ПРИ РАБОТАХ НА НАДВОДНЫХ МОРСКИХ СУДАХ**Рахманов Р.С.<sup>1</sup>, Богомолова Е.С.<sup>1</sup>, Разгулин С.А.<sup>1</sup>, Аликберов М.Х.<sup>1</sup>, Спириин С.А.<sup>2</sup><sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава  
России, кафедра гигиены, Нижний Новгород, Россия<sup>2</sup> Центр санитарно-эпидемиологического надзора войсковой части 10283, Петропавловск-  
Камчатский, Россия

*Условия мореплавания влияют на организм моряков, что обуславливает изучение особенностей труда в качестве основы для планирования мероприятий по сохранению их здоровья. Цель – по интегральным показателям здоровья оценить реакцию организма моряков на влияние судовой среды и погодно-климатических условий при работах в море в умеренных широтах Дальнего Востока. По антропометрическим и физиометрическим данным с учетом возраста проводили расчеты индексов, интегрально отражающих состояние здоровья: массы тела, массо-ростовой, Пенье, силовой, жизненный, Кердо, Робинсона, функциональных изменений, выносливости и экономичности кровообращения, Сравнивали пищевой статус у лиц двух подгрупп (работающих во вредных по напряженности трудового процесса условиях труда, а также во вредных по тяжести и напряженности трудового процесса), у моряков различных возрастных групп. Оценили погодно-климатические условия в период выхода в море. Во вредных условиях труда (у 63,0% - класс 3.2, у 37,0% - 3.3), в неблагоприятных погодных условиях в море у 37,0% снижалась масса тела, у 48,1% - сила кисти. У 63,0% определены изменения вегетативной нервной системы в сторону симпатических влияний, что указывало на активизацию метаболических процессов и мобилизацию сил организма. Функциональное состояние сердечно-сосудистой системы только у 29,6% - после выхода в море оценивалось как хорошее и среднее, против 66,6% - до выхода в море; по коэффициенту выносливости у 74,1% определена реакция детренированности. Состояние функционального напряжения возросло у 66,7%; удовлетворительная адаптация у работников не зарегистрирована. Исследование свидетельствует о необходимости проведения оценки состояния организма до выхода в море, а также динамики морфофункциональных и других показателей после возвращения на базу. Это позволит прогнозировать нарушения здоровья в ходе плавания, проводить оздоровительные мероприятия до начала работ в море и реабилитационные мероприятия в послерейсовый период.*

**Ключевые слова:** интегральные критерии здоровья, работа в море, динамика морфофункциональных показателей.

**Для цитирования:** Рахманов Р.С., Богомолова Е.С., Разгулин С.А., Аликберов М.Х., Спириин С.А. Оценка реакции организма по интегральным показателям здоровья при работах на надводных морских судах. Медицина труда и экология человека. 2022;2:128-140.

**Для корреспонденции:** Рахманов Рафаиль Салыхович, профессор кафедры гигиены ФГБОУ ВО «ПИМУ» МЗ РФ, доктор медицинских наук, профессор, e-mail: raf53@mail.ru.

**Финансирование:** работа подготовлена без спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов:** конфликт интересов отсутствует.

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2022-10210>

## ASSESSMENT OF THE BODY RESPONSE TO INTEGRAL INDICATORS OF HEALTH DURING WORK ON SURFACE VESSELS

Rakhmanov R.S.<sup>1</sup>, E.S.Bogomolova E.S.<sup>1</sup>, Razgulin S. A.<sup>1</sup>, Alikberov M.H.<sup>1</sup>, Spirin S.A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Volga Research Medical University, Department of Hygiene, Nizhny Novgorod, Russia

<sup>2</sup> Medical service of the military unit 10283, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia

*The navigation conditions affect the body of seafarers. This dictates the need to study the characteristics of labor as the basis for planning health promotion measures. The goal is to assess the reaction of the body of seafarers to the influence of the ship environment and weather and climatic conditions when working at sea in the temperate latitudes of the Far East using integral health indicators. Based on anthropometric and physiometric data, taking into account age group, we calculated indices that integrally reflect the state of health: body weight, weight and height, Peñe, strength, vitality, Kerdo, Robinson, functional changes, endurance and efficiency of blood circulation. subgroups (working in conditions that are harmful in terms of the intensity of the work process, as well as in conditions that are harmful in terms of the severity of work and the intensity of the work process); sailors of different age groups. We assessed the weather and climatic conditions during the period of going to sea. In harmful working conditions (class 3.2 in 63.0%, 3.3 in 37.0%), in adverse weather conditions at sea, 37.0% of them had a decrease in body weight, and 48.1% had hand strength. In 63.0%, changes in the autonomic nervous system were determined in the direction of sympathetic influences, which indicated the activation of metabolic processes and the mobilization of the body's forces. The functional state of the cardiovascular system was assessed as good and average only in 29.6% versus 66.6% before going to sea; according to the coefficient of endurance in 74.1% - the reaction of detraining was determined. The state of functional tension increased in 66.7% of cases; Satisfactory adaptation of workers is not registered. The study indicates the need to assess the state of the body before going to sea, as well as the dynamics of morphofunctional and other indicators after returning to the base. This will make it possible to predict health problems during navigation, to carry out recreational activities before the start of work at sea and rehabilitation activities in the post-voyage period.*

**Key words:** integral criteria of health, work at sea, dynamics of morphofunctional indicators.

**Citation:** Rakhmanov R.S., E.S.Bogomolova E.S., Razgulin S. A., Alikberov M.H., Spirin S.A. Assessment of the body response to integral indicators of health during work on surface vessels. *Occupational health and human ecology*. 2022;2:128-140.

**Correspondence:** Rofail S. Rakhmanov, Professor at the Department of Hygiene of the VRMU of the Russian Health Ministr, Doctor of Medicine, Professor, e-mail: raf53@mail.ru

**Financing:** The study had no financial support.

**Conflict of interest:** The authors declare no conflicts of interest.

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2022-10210>

Мореплавание является занятием, сопряженным с определенными профессиональными рисками [1, 2]. Это и совокупность условий и факторов, влияющих на организм человека при работах на судне, объединенных интегральным понятием «судовая среда». Длительное их воздействие не может не сказываться на состоянии организма моряков, обуславливая напряжение адаптационных систем, что в свою очередь может влиять на их здоровье, приводить к снижению профессиональной надежности и трудоспособности специалистов [3, 4]. Также это климатогеографические условия в море в период плавания, сопровождающие морской труд [5-10].

Отсюда для снижения профессиональных рисков на борту судов необходимо изучение особенностей труда в различных условиях работ в море в качестве основы для планирования мероприятий по сохранению здоровья моряков [1, 2, 11].

**Цель** - по интегральным показателям здоровья оценить реакцию организма моряков на влияние судовой среды и погодно-климатических условий при работах в море в умеренных широтах Дальнего Востока.

**Материал и методы.** Объект исследования – группа мужчин (n=27 – 100,0% работающего коллектива), профессиональная деятельность которых чередовалась примерно равными промежутками времени: соответственно до 2 месяцев – на суше и в море. Работа на судне осуществлялась в умеренных широтах на Дальнем Востоке. Данная группа лиц постоянно проживала на Камчатке.

На основе добровольного информированного согласия провели антропометрические измерения (длина и масса тела (ДТ, МТ), окружность грудной клетки в покое (ОГК), сила ведущей кисти). Оценили физиометрические показатели: частоту сердечных сокращений (ЧСС), систолическое и диастолическое давление (САД, ДАД) в покое.

С учетом возраста проводили расчеты индексов, которые интегрально отражали состояние здоровья наблюдаемых лиц: индекса массы тела (ИМТ), массо-ростового, Пенье, силового, жизненного, Кердо, Робинсона, функциональных изменений, выносливости и экономичности кровообращения [12-14]. По ИМТ оценивали пищевой статус<sup>5</sup>. Определяли динамику МТ у лиц с выраженностью тяжести и напряженности трудового процесса<sup>6</sup>, возрастных групп<sup>1</sup>.

Оценили погодно-климатические условия в период выхода в море.

Питание было организованным, осуществлялось по норме пайка № 3 (морской паек). Калорийность определяли с учетом ассимилированной части готовой пищи [15, 16].

Измерения проводили дважды: до выхода в море (исходное состояние) и после возвращения на базу.

Создали базу данных для работы на ПЭВМ. Статистическую обработку достоверности различий показателей после определения нормальности распределения проводили для параметрических зависимых и независимых (парных) выборок по Стьюденту с

<sup>5</sup> Методические рекомендации МР 2.3.1.0253-21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации».

<sup>6</sup> Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. Р 2.2.2006-05.

использованием программы Statistica 6.1. Рассчитаны средние арифметические значения (M) и стандартные отклонения ( $\pm m$ ).

#### Результаты.

Возраст лиц группы наблюдения достигал  $30,3 \pm 1,1$  года. Калорийность ежедневного рациона питания составила  $4241,5 \pm 102,6$  ккал.

Общая оценка условий труда по степени вредности и опасности показала, что у 63,0% - класс вредный 3.2, у 37,0% - вредный 3.3. Выделялись 2 подгруппы по характеристике тяжести и напряженности трудового процесса: только с вредными условиями труда по напряженности (59,3%) и вредными условиями по тяжести труда и напряженности трудового процесса (40,7%). Указанная когорта лиц по возрастным критериям входила в две, практически в равных долях, группы: 18-29 лет ( $25,2 \pm 0,8$  г. – 48,1%) и 30-44 года ( $35,1 \pm 0,9$  г. – 51,9%).

В период работ в море суточная температура колебалась в пределах от  $0^{\circ}\text{C}$  до  $-5^{\circ}\text{C}$ , среднесуточная скорость движения воздуха достигала 6-12 м/с (порывы ветра – 12-24 м/с). Осадки составляли 10-125 мм, за исключением 5 суток за рейд, когда их не было. Высота волн достигала 1,5-4,4 м.

При работе в таких условиях после возвращения на базу было определено снижение МТ на 0,8 кг. Хотя средние показатели достоверно не различались, у 37,0% обследованных МТ снизилась. Только у 1 человека снижение МТ составило 0,9 кг, а у остальных она уменьшилась соответственно на 2 (№2), 3 (№2), 5 (№4) и 6 кг (№1), т.е. на  $4,0 \pm 0,5$  кг (табл. 1). У 29,6% МТ повысилась от 1,0 до 2,0 кг ( $1,5 \pm 0,2$  кг). Также недостоверно снизилась сила ведущей кисти на 1,5 кг. Однако по индивидуальным данным ее снижение было определено у 48,1% лиц на  $5,8 \pm 1,5$  кг.

Таблица 1

**Характеристика антропометрических и физиометрических данных моряков в динамике наблюдения**

Table 1

**Characteristics of anthropometric and physiometric data of sailors in the dynamics of observation**

№ п/п	Показатель, абс. вел.	Период обследования		p
		До выхода в море	Возвращение	
1	Длина тела, см	$178,2 \pm 1,1$	$178,2 \pm 1,1$	-
2	Масса тела, кг	$85,9 \pm 2,4$	$85,1 \pm 2,4$	0,052
3	Сила кисти, кг	$51,1 \pm 1,6$	$49,6 \pm 1,8$	0,26
4	ЖЭЛ, мл	$4389,6 \pm 89,4$	$4372,6 \pm 86,2$	0,23

До выхода в море 66,7% наблюдаемых лиц имели повышенное питание, после возвращения – 62,0% (табл. 2). В подгруппах с различным пищевым статусом достоверных изменений в динамике МТ не определили.

Таблица 2

## Состояние пищевого статуса у работников в динамике наблюдения

Table 2

## The state of the nutritional status of workers in the dynamics of observation

№ п/п	Показатель, абс. вел.	Период обследования		p
		До выхода в море	Возвращение	
1	ИМТ, кг/м <sup>2</sup>	27,0±0,7	26,8±0,7	0,136
2	Нормальный статус: МТ, кг (%)	73,9±1,0 (37,0)	74,1±1,1 (40,7)	0,278
3	Избыточное питание: МТ, кг (%)	90,4±2,4 (48,1)	92,2±2,3 (44,4)	0,304
4	Ожирение I ст.: МТ, кг (%)	96,0±0,9 (11,1)	92,7±0,7 (11,1)	0,063
5	Ожирение II ст.: МТ, кг (%)	117,0 (3,7)	118,0 (3,7)	-

При определении динамики МТ у лиц, различающихся по наличию вредностей в труде, различий не было определено. Так, у лиц только с напряженным трудом исходная МТ составила 80,9±5,0 кг, после возвращения на базу – 79,9±0,5 кг (p=0,13), а у лиц с тяжелым и напряженным трудом соответственно 88,5±3,5 и 88,3 ±3,3 кг (p=0,516). В первой возрастной группе доля лиц, у которых снизилась МТ, была выше на 9,9%, чем во второй: 38,5% против 28,6%. Также в этой группе была большей доля лиц, у которых МТ возросла: 38,5% против 21,4%.

Отметили, что до выхода в море по массо-ростовому показателю отклонения фактической массы тела от должной в сторону избытка регистрировались у 88,9% лиц, в конце наблюдения – у 85,2%. Силовой индекс оценивался исходно/конец наблюдения как выше среднего - 11,1/18,5%, средний – 37,0/29,6% и ниже среднего – 51,9/51,9%. Жизненный индекс до и после возвращения на базу был сниженным у 96,3% и нормальным – только у 3,7%. У основной доли (81,5%) телосложение было крепкое, у 11,1% - хорошее и у 7,4% - среднее. После возвращения крепкое телосложение было отмечено у 77,7%, среднее – у 3,7 и у 18,5% - ниже среднего.

В начале наблюдения у 74,1% обследованных лиц преобладали парасимпатические влияния вегетативной нервной системы и у 25,9% - симпатические влияния: Визуально-

измерительный контроль (ВИК) составлял  $-25,6 \pm 3,7$  и  $9,6 \pm 1,9$  ед. В конце наблюдения у 63,0% преобладали парасимпатические влияния, ВИК был равен  $-17,1 \pm 3,1$  ед. У 29,6% определены симпатические влияния: ВИК составил  $6,5 \pm 1,1$  ед. У остальных 7,4% определено функциональное равновесие. В целом по группе у 63,0% ВИК уменьшился:  $-23,6 \pm 4,6$  ед. в начале и  $-2,6 \pm 2,4$  ед. в конце наблюдения ( $p=0,001$ ).

Было отмечено достоверное увеличение индекса Робинсона: он возрос на 11,7%. Если до выхода в море он в целом по группе имел среднее значение, то после рейда - ниже среднего. По индивидуальным данным до выхода в море функциональное состояние сердечно-сосудистой системы у 25,9% обследованных лиц оценивалось как хорошее, у 40,7% - как среднее и у 33,3% - как низкое. После возвращения на базу функциональное состояние сердечно-сосудистой системы только у двух членов экипажа из 27 (7,4%) оценивалось как хорошее, у 22,2% - как среднее, у остальных 70,4% - как низкое.

Коэффициент экономичности кровообращения (КЭК) достоверно не изменился. Исходно и после окончания работ на море состояние сердечно-сосудистой системы оценивалось как состояние утомления. По индивидуальным данным до выхода в море соответственно у 48,1 и 51,9% определялась адекватная реакция ССС и состояние утомления; после возвращения – соответственно у 33,3 и 66,7%. Показатели адекватной реакции и реакции утомления не изменились:  $2347,2 \pm 115,6$  против  $2422,7 \pm 131,2$  ед. ( $p=0,674$ ) и  $3809,4 \pm 164,6$  против  $3638,9 \pm 132,4$  ед. ( $p=0,295$ ).

Коэффициент выносливости по усредненным данным достоверно возрос. Если до выхода в море величина КВ незначительно превышала референтную границу, то после возвращения на базу она возросла на 23,9%. В начале наблюдения адекватная реакция ССС была определена у 55,6% обследованных, у остальных – реакция детренированности. Значения КВ составляли соответственно  $12,2 \pm 0,5$  и  $20,6 \pm 1,5$  ед. После окончания наблюдения адекватная реакция ССС определена только у 25,9% ( $12,4 \pm 0,7$  ед.), а у остальных 74,1% – реакция детренированности ( $22,2 \pm 2,0$  ед.).

Отмечен рост показателя, интегрально характеризующего состояние адаптационных резервов организма, он достоверно увеличился на 5,7%. В целом как до начала наблюдения, так и в его конце общая оценка адаптации - состояние функционального напряжения. При первичном обследовании у 11,1% лиц определена удовлетворительная адаптация, у 3,7% - неудовлетворительная адаптация; при втором – у одного (3,7%) из 27 членов экипажа нарастала неудовлетворительная адаптация, у остальных 96,3% была определена реакция функционального напряжения.

Таблица 3

Характеристика состояния здоровья моряков по интегральным показателям

Table 3

Characteristics of the health status of seafarers according to integral indicators

№ п/п	Показатель, абс. вел., норма	Период обследования		p
		До выхода в море	Возвращение	
1	Массо-ростовой, г/см (350-400)	478,1±12,6	477,2±12,4	0,138
2	Силовой, ед. (60-70)	59,2±1,3	55,7±1,3	0,524
3	Жизненный, г/см (60-65)	52,3±0,7	52,5±1,0	0,065
4	Пенье, ед. (от 0 до 36 и более)	11,85±4,0	11,±3,9	0,067
5	Кердо (симпатические, парасимпатические влияния, нормотония)	-16,48±4,1	-9,3±2,9	0,055
6	Робинсона, среднее значение 76-89 у.е.	86,0±3,1	96,1±3,0	0,022
7	Экономичности кровообращения, 2500-3000 ед.	3195,4±192,1	3233,5±148,5	0,858
8	Выносливости, ед. (12-15)	15,9±1,1	19,7±1,7	0,01
9	Функциональных изменений (адаптация удовлетворительна, напряжение, неудовлетворительная, срыв)	2,46±0,07	2,6±0,06	0,012

**Обсуждение.** Как показывают научные исследования при работах на конкретном судне в определенных условиях, при воздействии совокупности факторов риска у моряков могут возникать нарушения здоровья [17]. Суровые условия труда на борту, включая условия окружающей среды, приводят к травматизму, повышенной заболеваемости и смертности плавсостава. Таким образом, работа в море определяет необходимость снижения профессиональных рисков на борту судов, в том числе и при проведении профилактических медицинских мероприятий [18-21]. Активное изучение влияния условий окружающей среды, труда, донологическая диагностика позволят выявить личные факторы риска для здоровья. Необходимо учитывать случаи, возникающие в различных условиях, и определять

группу риска. Знания о здоровье моряков можно использовать для улучшения профилактики за счет внимания к условиям жизни и работы в море [21].

Рядом авторов отмечается, что на гражданских судах снижается двигательная активность, ведутся работы в ночное время. Стресс и скука способствуют эмоциональному расстройству пищевого поведения, что способствует ожирению [21-24].

Профессиональная деятельность моряков силовых структур при экстремальных ситуациях связана со значительными физическими и нервно-эмоциональным нагрузками, а также осложнена воздействием многочисленных опасных факторов окружающей среды. В связи с этим энергетическая ценность рациона питания по норме морского пайка № 3 достаточно высокая. Однако при длительном морском походе снижается двигательная активность, это также приводит к повышению массы тела к концу похода у 71% моряков [25-27].

До выхода в море наблюдаемая когорта лиц имела крепкое и хорошее телосложение (92,6%), но по ИМТ у 66,7% повышенная МТ (хотя по массо-ростовому индексу отклонения фактической массы тела от должной в сторону избытка регистрировались у 88,9%).

В отличие от других наблюдений, в нашем случае труд когорты наблюдения представлялся как тяжелый и напряженный и оказывал влияние на моряков. При высококалорийном рационе питания у меньшей доли лиц отмечено увеличение МТ, у большей доли она снизилась (29,6 против 37,0%). При этом прирост МТ был менее значимым, чем ее снижение: 1,0-2,0 против 0,9-6,0 кг.

Интересно, что положительная или отрицательная динамика МТ более выражено регистрировалась у лиц в возрастной группе 18-29 лет по сравнению с группой 30-44 года. При определении изменений МТ в группах по напряженности или тяжести и напряженности труда различий не установили.

У половины наблюдаемых лиц снизилась сила ведущей кисти.

Вероятно, следствием отрицательной динамики МТ были изменения показателей, характеризующих тип телосложения (индекс Пенье), массо-ростовое, массо-силовое соотношения.

У основной доли лиц были определены сдвиги в деятельности вегетативной нервной системы: переход отрицательных значений от больших в сторону меньших, увеличение доли лиц с симпатическими влияниями и в состоянии функционального равновесия, что указывало на активизацию обмена веществ, мобилизацию сил организма [28].

Наиболее значимые изменения были определены в работе сердечно-сосудистой системы. Присущим для всех лиц данной группы было то, что до и после работ в море КЭК превышал нормальные значения. Это свидетельствовало о возможном утомлении организма [29]. На нарастание нагрузки на ССС (о ее детренированности) свидетельствовал КВ. Достоверное увеличение индекса Робинсона (отражающего потребление кислорода миокардом) в нашем наблюдении исходно оценивалось как среднее, в конце похода – как низкое. Это значит, что резервные возможности системы кровообращения в начале выхода в море не были оптимальными, а к концу работ на море ухудшались [30].

По ИФИ, интегрально отражающему функциональное состояние организма, определены достоверные изменения в негативную сторону. Если в исходном состоянии были лица с удовлетворительной адаптацией организма, то после возвращения на базу они не были выявлены.

Таким образом, исследование показывает необходимость проведения оценки состояния организма до выхода в море, а также динамики морфофункциональных и других показателей после возвращения на базу. Такая диагностика позволит прогнозировать нарушения здоровья в ходе плавания, проводить оздоровительные мероприятия до начала работ в море и реабилитационные мероприятия в послерейсовый период.

#### **Выводы:**

1. При работе на морском судне во вредных условиях труда у 63,0% работников при классе 3.2, у 37,0% при классе 3.3 и в неблагоприятных погодных условиях в море у 37,0% лиц организованного коллектива наблюдалось снижение массы тела (на  $4,0 \pm 0,5$  кг), у 48,1% - силы ведущей кисти (на  $5,8 \pm 1,5$  кг).
2. У 63,0% лиц из группы наблюдения определены изменения в сторону симпатических влияний, что указывало на активизацию метаболических процессов и мобилизацию сил организма.
3. По индексу Робинсона функциональное состояние сердечно-сосудистой системы только у 29,6% работников до выхода в море оценивалось как хорошее и среднее против 66,6% - до выхода в море; по коэффициенту выносливости у 74,1% определена реакция детренированности.
4. Снижались адаптационные возможности организма исследуемых, что подтверждал индекс функциональных изменений ( $2,6$  против  $2,46 \pm 0,07$ ,  $p=0,012$ ); состояние функционального напряжения возросло у 66,7% лиц; удовлетворительная адаптация у работников не зарегистрирована.

#### **Список литературы:**

1. Кубасов Р. В., Лупачев В. В., Попов М. В. Условия жизнедеятельности экипажа на борту морского судна (обзор литературы) . Вестник Государственного университета морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова. 2016; 2 (36): 49-56.
2. Кубасов Р.В., Лупачев В.В., Кубасова Е.Д. Медико-санитарные условия жизнедеятельности экипажа на борту морского судна (обзор литературы). Медицина труда и промышленная экология. 2016. 6: 43-47.
3. Oldenburg M, Baur X, Schlaich C. Occupational risks and challenges of seafaring. JOccupHealth. 2010;52(5):249-56. doi: 10.1539/joh.k10004.
4. Петрова Т.Б., Бичкаева Ф.А. Соотношение содержания тиамина, параметров углеводного обмена и фактического питания у работников водного транспорта северного бассейна. Известия Коми научного центра УРО РАН. 2020. № 3(43); 58-63. DOI: 10.19110/1994-5655-2020-3-58-64.

5. Лупачев В.В., Кубасов Р.В., Бойко И.М., Хохрина А.И., Кубасова Е.Д. Климатогеографические условия во время рейса, влияющие на состояние здоровья моряков. *Морская медицина*. 2021;7(4):7-12. DOI:10.22328/2413-5747-2021-7-4-7-12.
6. Лупачев В.В., Кубасов Р.В., Богланов Р.Б. Влияние климатогеографических условий на состояние здоровья моряков во время рейса (на основе анализа публикаций). *Вестник Госуниверситета морского и речного флота им. Адмирала С.О. Макарова*. 2015;3: 30-35.
7. Лупачев В.В., Кубасов Р.В., Кубасова Е.Д. Динамика содержания гормонов оси гипофизитовидная железа у моряков во время рейса в различные климатогеографические районы. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2021;10 (112).Часть 2: 52-56. DOI:10.23670/IRJ.2021.112.10.037.
8. Schmied, E.A. Studying the Health and Performance of Shipboard Sailors: An Evidence Map. E.A. Schmied et al. *Military Medicine*. 2021;186 (5-6): E512-E524.
9. de Blasiis, K. Photoperiod Impact on a Sailor's Sleep-Wake Rhythm and Core Body Temperature in Polar Environment / K. de Blasiis et al. // *Wilderness & Environmental Medicine*. 2019; 30 (4): 343-350.
10. Спирин С.А., Рахманов Р.С., Богомоллова Е.С., Разгулин С.А., Потехина Н.Н., Непряхин Д.В. Оценка здоровья плавсостава по донозологическим показателям при работах в море. *Медицина труда и экология человека*. 2022;1:119-132.
11. Carter T, Kimberly Karshoej K. The design of health promotion strategies for seafarers. *IntMaritHealth*. 2017;68(2):102-107. DOI: 10.5603/IMH.2017.0019.
12. Захарченко М.П., Маймулов В.Г., Шабров А.В. Диагностика в профилактической медицине.- СПб.:МФИН, 1977:516 с.
13. Здоровье здорового человека. Научные основы восстановительной медицины: ред. Разумов А.Н., Покровский В.И., Сточик А.М., Бобровницкий И.П., Шинкаренко В.С. М., 2000:544 с.
14. Новиков В.С. Методы исследования в физиологии военного труда. М.: Воениздат, 1993. 240 с.
15. Скурихин И. М., Тутельян В.А. Таблицы химического состава и калорийности российских продуктов питания: Справочник. М.: ДеЛи принт. 2007. 276 с.
16. Васюкова А.Т. Микробиология, физиология питания, санитария и гигиена. М.: КноРус, 2021. 196 с.
17. Sąlyga J, Kušleikaitė M. Factors influencing psychoemotional strain and fatigue, and relationship of these factors with health complaints at sea among Lithuanian seafarers. *Medicina (Kaunas)*. 2011;47(12):675-81.
18. Oldenburg M, Baur X, Schlaich C. Occupational risks and challenges of seafaring. *J Occup Health*. 2010;52(5):249-56. DOI: 10.1539/joh.k10004.
19. Sagaro G G, Dicanio M, Battineni G, Samad M A, Amenta F. Incidence of occupational injuries and diseases among seafarers: a descriptive epidemiological study based on contacts from onboard ships to the Italian Telemedical Maritime Assistance Service in Rome, Italy. *BMJ Open*. 2021 Mar 16;11(3):e044633. DOI: 10.1136/bmjopen-2020-044633.
20. Jepsen J R, Zhao Z, van Leeuwen W M A. Seafarer fatigue: a review of risk factors,

- consequences for seafarers' health and safety and options for mitigation *Int Marit Health* . 2015;66(2):106-17. DOI: 10.5603/IMH.2015.0024.
21. Carter T. Mapping the knowledge base for maritime health: 2. a framework for analysis *Int Marit Health*. 2011;62(4):217-23.
  22. Baygi F, Mohammadi-Nasrabadi F, Zyriax BC, Jensen OC, Bygvraa DA, Oldenburg M, Nielsen JB. Global overview of dietary outcomes and dietary intake assessment methods in maritime settings: a systematic review. *BMC Public Health*. 2021 Aug 21;21(1):1579. DOI: 10.1186/s12889-021-11593-z.
  23. Baygi F, Jensen OC, Qorbani M, Farshad A, Salehi SA, Mohammadi F, Asayesh H, Shidfar F. Pattern of some risk factors of cardiovascular diseases and liver enzymes among Iranian seafarers. *Med J Islam Repub Iran*. 2017;31:23. DOI: 10.18869/mjiri.31.23.
  24. Oldenburg M, Harth V, Jensen HJ. Overview and prospect: food and nutrition of seafarers on merchant ships. *Int Marit Health*. 2013;64(4):191-4. DOI: 10.5603/imh.2013.0003.
  25. Андриянов А.И., Поляков В.И., Щукина Н.А., Субботина Т.И., Коновалова И.А., Сметанин А.Л., Коростелева О.Г. Динамика показателей компонентного состава организма моряков в условиях длительного морского похода. *Морская медицина*. 2018; 4 (3): 75-82. DOI:10.22328/2413-5747-2018-4-3-75-82.
  26. Кривцов А. В., Болехан В. Н., Андриянов А. И., Цветков С.В., Лизунов В.Ю. Влияние биоэлементного статуса на функциональное состояние организма военных моряков Северного флота. *Известия Российской Военно-медицинской академии*. 2020;39 (S3-3):85-91.
  27. Коростелева О.Г., Сметанин А.Л., Дарьина Н.И., Мартынова Е.С., Кривцов А.В., Болехан В.Н., Андриянов А.И. Состояние минеральной обеспеченности военнослужащих в условиях длительного морского похода. *Известия Российской Военно-медицинской академии*. 2020;39 (S3-3): 68-72.
  28. Kerdo I. Ein aus Daten der Blutzirkulation kalkulierter Index zur Beurteilung der vegetativen Tonuslage. *Acta neurovegetativa*, 1966;29 (2):250-26.
  29. Воронина И.Ю. Состояние сердечно-сосудистой системы у студентов профессионального лица во время производственной практики. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2016;3 (45). Часть 3:8-11. DOI: 10.18454/IRJ.2016.45.034.
  30. Иванов С.А., Невзорова Е.В., Гулин. Количественная оценка функциональных возможностей сердечно-сосудистой системы. *Вестник ТГУ*. 2017; 22 (6):1535-1540. DOI: 10.20310/1810-0198-2017-22-6-1535-1540.

#### References:

1. Kubasov R.V., Lupachev V.V., Popov M.V. Crew life conditions on board a sea vessel (literature review). *Vestnik gosudarstvennogo univesiteta morskogo i rechnogo flota imeni Admirala S. O. Makarova*. 2016; 2 (36): 49-56.

2. Kubasov R.V., Lupachev V.V., Kubasova E.D. Medical and sanitary conditions of life of the crew on board a sea vessel (literature review). *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2016;6:43-47.
3. Oldenburg M, Baur X, Schlaich C. Occupational risks and challenges of seafaring. *J Occup Health*. 2010;52(5):249-56. doi: 10.1539/joh.k10004.
4. Petrova T.B., Bichkaeva F.A. The ratio of thiamine content, parameters of carbohydrate metabolism and actual nutrition in workers of water transport in the northern basin. *Proceedings of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2020. No. 3(43);58-63. doi: 10.19110/1994-5655-2020-3-58-64.
5. Lupachev V.V., Kubasov R.V., Boyko I.M., Khokhrina A.I., Kubasova E.D. Climatic and geographical conditions during the voyage that affect the health of seafarers. *Marine medicine*. 2021;7(4):7-12. DOI:10.22328/2413-5747-2021-7-4-7-12.
6. Lupachev V.V., Kubasov R.V., Boglanov R.B. Influence of climatic and geographical conditions on the health status of sailors during the voyage (based on the analysis of publications). *Vestnik gosudarstvennogo univesiteta morskogo i rechnogo flota imeni Admirala S. O. Makarova*. 2015;3:30-35.
7. Лупачев В.В., Кубасов Р.В., Кубасова Е.Д. Динамика содержания гормонов оси гипофизитовидная железа у моряков во время рейса в различные климатогеографические районы. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2021;10 (112). Часть 2: 52-56. DOI:10.23670/IRJ.2021.112.10.037\_
8. Schmied, E.A. Studying the Health and Performance of Shipboard Sailors: An Evidence Map. E.A. Schmied et al. *Voennaya meditsina*. 2021; 186 (5-6): E512-E524.
9. de Blasiis, K. Photoperiod Impact on a Sailor's Sleep-Wake Rhythm and Core Body Temperature in Polar Environment / K. de Blasiis et al. *Wilderness & Environmental Medicine*. 2019; 30 (4): 343-350.
10. Spirin S.A., Rakhmanov R.S., Bogomolova E.S., Razgulin S.A., Potekhina N.N., Nepryakhin D.V. Evaluation of the health of seafarers according to prenosological indicators during work at sea. *Meditsina truda i ekologiya cheloveka*. 2022;1:119-132.
11. Carter T, Kimberly Karlshoej K. The design of health promotion strategies for seafarers. *IntMaritHealth*. 2017;68(2):102-107. DOI: 10.5603/IMH.2017.0019.
12. Zakharchenko M.P., Maimulov V.G., Shabrov A.V. *Diagnostics in preventive medicine*. Saint Petersburg: MFIN, 1977.
13. The health of a healthy person. *Scientific foundations of restorative medicine*: ed. Razumov A.N., Pokrovsky V.I., Stochik A.M., Bobrovnitsky I.P., Shinkarenko V.S. Moscow. 2000.
14. Novikov V.S. *Methods of research in the physiology of military labor*. - Moscow.: Voenizdat, 1993.
15. Skurikhin I.M., Tutelyan V.A. *Tables of the chemical composition and calorie content of Russian food products: A Handbook*. Moscow: DeLi print. 2007.
16. Vasyukova A.T. *Microbiology, nutritional physiology, sanitation and hygiene*. Moscow: KnoRus, 2021.
17. Sąlyga J, Kušleikaitė M. Factors influencing psychoemotional strain and fatigue, and

- relationship of these factors with health complaints at sea among Lithuanian seafarers. *Meditisina (Kaunas)*. 2011;47(12):675-81.
18. Oldenburg M, Baur X, Schlaich C. Occupational risks and challenges of seafaring. *J Occup Health* . 2010;52(5):249-56. DOI: 10.1539/joh.k10004.
  19. Sagaro G G, Dicanio M, Battineni G, Samad M A, Amenta F. Incidence of occupational injuries and diseases among seafarers: a descriptive epidemiological study based on contacts from onboard ships to the Italian Telemedical Maritime Assistance Service in Rome, Italy. *BMJ Open*. 2021 Mar 16;11(3):e044633. DOI: 10.1136/bmjopen-2020-044633.
  20. Jepsen J R, Zhao Z, van Leeuwen W M A. Seafarer fatigue: a review of risk factors, consequences for seafarers' health and safety and options for mitigation *Int Marit Health* . 2015;66(2):106-17. DOI: 10.5603/IMH.2015.0024.
  21. Carter T. Mapping the knowledge base for maritime health: 2. a framework for analysis *Int Marit Health*. 2011;62(4):217-23.
  22. Baygi F, Mohammadi-Nasrabadi F, Zyriax BC, Jensen OC, Bygvraa DA, Oldenburg M, Nielsen JB. Global overview of dietary outcomes and dietary intake assessment methods in maritime settings: a systematic review. *BMC Public Health*. 2021 Aug 21;21(1):1579. DOI: 10.1186/s12889-021-11593-z.
  23. Baygi F, Jensen OC, Qorbani M, Farshad A, Salehi SA, Mohammadi F, Asayesh H, Shidfar F. Pattern of some risk factors of cardiovascular diseases and liver enzymes among Iranian seafarers. *Med J Islam Repub Iran*. 2017;31:23. DOI: 10.18869/mjiri.31.23.
  24. Oldenburg M, Harth V, Jensen HJ. Overview and prospect: food and nutrition of seafarers on merchant ships. *Int Marit Health*. 2013;64(4):191-4. DOI: 10.5603/imh.2013.0003.
  25. Andriyanov A.I., Polyakov V.I., Schukina N.A., Subbotina T.I., Konovalova I.A., Smetanin A.L., Korosteleva O.G. Dynamics of indicators of the component composition of the body of sailors during a long sea voyage. *Morskaya Meditsina*. 2018;4 (3): 75-82. DOI:10.22328/2413-5747-2018-4-3-75-82.
  26. Krivtsov A. V., Bolekhan., V. N., Andriyanov A. I., Tsvetkov S. V., Lizunov V. Yu. Influence of the bioelemental status on the functional state of the body of Northern Fleet military sailors. *Izvestiya Rossiyskoy Voenno Meditsinskoy Akademii*. 2020;39(S3-3): 85-91.
  27. Korosteleva O.G., Smetanin A.L., Darina N.I., Martynova E.S., Krivtsov A.V., Bolekhan V.N., Andriyanov A.I. The state of mineral security of military personnel in the conditions of a long sea voyage. *Izvestiya Rossiyskoy Voenno Meditsinskoy Akademii*. 2020;39(S3-3): 68-72.
  28. Kerdo I. Ein aus Daten der Blutzirkulation kalkulierter Index zur Beurteilung der vegetativen Tonuslage. *Acta neurovegetativa*, 1966;29 (2):250-26.
  29. Voronina I.Yu. The state of the cardiovascular system in students of a professional lyceum during work practice. *International research journal*. 2016;3(45). Part 3:8-11. DOI: 10.18454/IRJ.2016.45.034.
  30. Ivanov S.A., Nevzorova E.V., Gulin. Quantitative assessment of the functional capabilities of the cardiovascular system. *Bulletin of TSU*. 2017;22(6):1535-1540. DOI: 10.20310/1810-0198-2017-22-6-1535-1540.

Поступила/Received: 19 .04.2022

Принята в печать/Accepted: 25.04.2022

УДК314.44: 331.101.264.2(470:57)

## ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ ТРУДОСПОСОБНОГО ВОЗРАСТА В РЕСПУБЛИКЕ БАШКОРТОСТАН В 2015-2020 ГОДАХ

Шайхлисламова Э.Р. <sup>1,2</sup>, Валеева Э.Т. <sup>1,2</sup>, Шастин А.С. <sup>3</sup>, Малых О.Л. <sup>4</sup>, Газимова В.Г. <sup>3</sup>,  
Цепилова Т.М. <sup>3</sup>, Устюгова Т.С. <sup>3</sup>

<sup>1</sup> ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», Уфа, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России,  
Уфа, Россия

<sup>3</sup> ФБУН «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья  
рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора, Екатеринбург, Россия

<sup>4</sup> Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия  
человека, Москва, Россия

*В условиях деградации демографической ситуации в стране изучение заболеваемости трудоспособного населения является одной из приоритетных и актуальных задач медицины труда. В последние десятилетия наблюдается значительный рост сердечно-сосудистой, онкологической и другой заболеваемости среди работающего населения, что является причиной огромных экономических потерь.*

**Цель** исследования – изучение показателей общей и первичной заболеваемости населения трудоспособного возраста Республики Башкортостан в сопоставлении с Российской Федерацией и Приволжским федеральным округом с целью совершенствования решения ряда демографических проблем и повышения численности и качества трудовых ресурсов.

**Материалы и методы.** На основе данных о числе зарегистрированных случаев заболеваний у взрослого населения и населения старше трудоспособного возраста произведены расчеты абсолютного числа зарегистрированных больных и относительных показателей заболеваемости на 100 000 взрослого населения трудоспособного возраста с диагнозом, установленным впервые в жизни, и общей заболеваемости по России, Приволжскому федеральному округу и Республике Башкортостан за период с 2015 по 2020 гг. по всем случаям заболеваний и отдельным классам МКБ-10. Определено изменение показателей 2020 г. в условиях распространения новой коронавирусной инфекции относительно среднего многолетнего уровня за 2015-2019 гг.

**Результаты.** На протяжении исследуемого периода отмечено превышение уровней первичной и общей заболеваемости населения трудоспособного возраста республики относительно общероссийского уровня и уровня по Приволжскому федеральному округу. В структуре первичной заболеваемости всех субъектов первые три ранговых места занимали классы X (J00-J99) «Болезни органов дыхания», XIX (S00-T98) «Травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин» и XIV (N00-N99) «Болезни мочеполовой системы». Ведущие классы нозологической структуры общей заболеваемости всех субъектов представлены болезнями органов дыхания и системы кровообращения. На третьем месте в республике, в отличие от России и округа, находился класс XI (K00-K93) «Болезни органов пищеварения». Уровень заболеваемости

населения трудоспособного возраста новой коронавирусной инфекцией в республике фиксировался на более низком уровне, чем по России и Приволжскому федеральному округу.

**Выводы.** Ситуация с заболеваемостью населения трудоспособного возраста республики требует глубокого анализа причин, влияющих на основные демографические процессы]6 и разработки системы общественно-политических, социальных, медицинских мероприятий по сохранению здоровья работающего населения.

**Ключевые слова:** Республика Башкортостан, население трудоспособного возраста, первичная и общая заболеваемость.

**Для цитирования:** Шайхлисламова Э.Р., Валеева Э.Т., Шастин А.С., Малых О.Л., Газимова В.Г., Цепилова Т.М., Устюгова Т.С. Заболеваемость населения трудоспособного возраста в Республике Башкортостан в 2015-2020 годах. Медицина труда и экология человека. 2022;2:141-165.

**Для корреспонденции:** Шайхлисламова Эльмира Радиковна, директор ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», к. м. н., доцент кафедры терапии и профессиональных болезней с курсом ИДПО ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России, e-mail: shajkh.ehlmira@yandex.ru

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2022-10211>

## MORBIDITY OF THE ADULT WORKING AGE POPULATION IN THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN BETWEEN 2015 AND 2020

E.R. Shaikhislamova<sup>1,2</sup>, E.T. Valeyeva<sup>1,2</sup>, A.S. Shastin<sup>3</sup>, O.L. Malykh<sup>4</sup>, V.G. Gazimova<sup>3</sup>, T.M. Tsepilova<sup>3</sup>, T.S. Ustyugova<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, Ufa, Russia

<sup>2</sup>Bashkirian State Medical University of the Russian Health Ministry, Ufa, Russia

<sup>3</sup>Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, Yekaterinburg, Russia

<sup>4</sup>Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Moscow, Russia

*With the degradation of the demographic situation in the country, the study of the morbidity of the working age population is one of the priority and urgent tasks of occupational health. In recent decades, there has been a significant increase in cardiovascular, oncological and other morbidity among the working population, which is the cause of huge economic losses.*

**The purpose of the study.** To investigate the indicators of general and primary morbidity of the working-age population of the Bashkortostan Republic in comparison with the Russian Federation

and the Volga Federal District in order to improve the solution of a number of demographic problems and increase the number and quality of labor resources.

**Materials and methods.** Based on data on the number of registered cases of diseases among the adult population and over working age population, calculations of all cases of diseases and individual classes of ICD-10 were made of the absolute number of registered patients and relative morbidity rates per 100,000 adult population of working age with a diagnosis established for the first time in life and the overall morbidity in Russia, the Volga Federal District and the Republic of Bashkortostan between 2015 and 2020. The change in 2020 indicators has been determined in the context of the spread of a new coronavirus infection regarding the average long-term level between 2015 and 2019.

**Results.** During the study period, there was an excess of the levels of primary and general morbidity of the working-age population regarding the all-Russian level and the level in the Volga Federal District. In the structure of primary morbidity of all subjects, classes X (J00-J99) "Respiratory diseases", XIX (S00-T98) "Injuries, poisoning and some other consequences of external causes" and XIV (N00-N99) "Diseases of the genitourinary system" ranked first. The leading classes of the nosological structure of the general morbidity of all subjects are represented by the respiratory and circulatory systems diseases. In the third place in the republic, in contrast to Russia and the district, there was class XI (K00-K93) "Diseases of the digestive organs". The morbidity rate of the working-age population with a new coronavirus infection in the republic was recorded at a lower level than in Russia and the Volga Federal District.

**Conclusions.** The situation with the morbidity of the working-age population of the republic requires a deep analysis of the causes affecting the main demographic processes and the development of a system of socio-political, social, medical measures of health promotion of the working population.

**Keywords:** Republic of Bashkortostan, working-age population, primary and general morbidity

**Citation:** E.R. Shaikhislamova, E.T. Valeyeva, A.S. Shastin, O.L. Malykh, V.G. Gazimova, T.M. Tsepilova, T.S. Ustyugova. Morbidity of the adult working age population in the Republic of Bashkortostan between 2015 and 2020. *Occupational health and human ecology.* 2022;2:141-165.

**Correspondence:** Elmira R. Shaikhislamova, Director of the Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, PhD (Medicine), Associate professor at the Department of Therapy and Occupational Diseases, Bashkirian State Medical University of the Russian Health Ministry, e-mail: shajkh.ehlmira@yandex.ru.

**Financing:** The study had no financial support.

**Conflict of interest:** The author declares no conflict of interest.

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2022-10211>

Анализ демографических показателей в Российской Федерации (далее – РФ) за последние десятилетия указывает на интенсивное развитие процессов старения населения. Результаты ряда исследований свидетельствуют о явной тенденции к уменьшению численности населения молодого возраста и росту численности населения более старших возрастных групп. При этом на 7,5% по сравнению с 2010 г. снизилось число лиц

трудоспособного возраста и на 19,8% повысилась численность лиц старше трудоспособного возраста. Выявлены негативные процессы значительного неестественного сокращения в большей степени мужской доли трудоспособного населения [1-3].

Республика Башкортостан (далее – РБ) в течение многих лет относилась к тем субъектам РФ, в котором демографическая ситуация считалась относительно благополучной. По численности населения в Приволжском федеральном округе (далее – ПФО) РБ занимает первое, в РФ – седьмое место, на ее долю приходится 2,8% населения страны и 13,2% населения ПФО [4, 5]. Но с учетом новых реалий демографическая ситуация в регионе, как и по всей стране, резко изменилась, особенно по показателям естественной убыли населения, которая значительно увеличилась в 2020 г., по данным Росстата, коэффициент смертности за январь-ноябрь 2020 г. составил 14,5 [6]. Численность лиц старше трудоспособного возраста в РБ составила 21,6% и превысила численность лиц моложе трудоспособного возраста. Такие же процессы характерны и для ПФО. По прогнозу аналитиков, процессы роста численности лиц старше трудоспособного возраста в регионах округа будут расти и дальше. Все это свидетельствует о возрастающей трудонедостаточности населения.

Кроме того, к негативной демографической тенденции в настоящее время в РБ следует отнести высокие процессы миграционной активности населения с преобладанием устойчивой миграционной убыли населения трудоспособного возраста [7].

Исследования последних лет свидетельствуют о значительном росте заболеваемости работников болезнями системы кровообращения, дыхания, пищеварения и злокачественными новообразованиями. Растет суицидальное поведение населения, бытовой и производственный травматизм со смертельным исходом [8–10].

В сложившейся ситуации представляет значительный интерес изучение основных причин, структуры заболеваемости населения трудоспособного возраста республики, результаты которого позволят построить прогностические модели здоровья общества в целом, внести предложения в органы муниципальной власти о разработке системы охраны здоровья работающего населения профилактического характера.

**Цель исследования.** Статистический анализ показателей и структуры общей заболеваемости (далее – ОЗ) и первичной заболеваемости (далее – ПЗ) населения трудоспособного возраста РБ в сопоставлении с РФ и ПФО с целью совершенствования решения ряда демографических проблем и повышения численности и качества трудовых ресурсов.

**Материалы и методы.** На основе данных Минздрава [11 – 26] об общей и первичной заболеваемости взрослого населения и населения старше трудоспособного возраста РФ, ПФО и РБ рассчитаны абсолютные и относительные (на 100 тыс. человек) показатели заболеваемости для взрослого населения трудоспособного возраста (в 2015-2019 годах: женщины 18-54 года, мужчины 18-59 лет, в 2020 г. женщины 18-55 лет, мужчины 18-60 лет). Расчет показателей проводился в целом по всем случаям заболеваний и отдельным классам МКБ-10 за 6 лет (2015 – 2020 гг.).

Для расчета абсолютных и относительных показателей заболеваемости взрослого населения трудоспособного возраста за отчетный период использованы данные о

численности населения соответствующего возраста на 1 января года, следующего за отчетным. Численность взрослого населения трудоспособного возраста (далее – население трудоспособного возраста) определена по данным статистических бюллетеней Федеральной службы государственной статистики «Численность населения Российской Федерации по возрасту и полу».

Использованы методы описательной и сравнительной статистики.

Определены среднемноголетние уровни (СМУ) и коэффициент вариации (Kv) показателей первичной и общей заболеваемости в целом по РФ, ПФО и РБ по всем случаям заболеваний и отдельным классам болезней в соответствии с МКБ-10, в том числе без учета случаев по классу XV МКБ-10 «Беременность, роды и послеродовой период», за 2015-2019 годы. Структура первичной и общей заболеваемости по отдельным классам МКБ-10 определялась также без учета случаев по классу XV МКБ-10 «Беременность, роды и послеродовой период».

Определено изменение показателей 2020 г. в условиях распространения новой коронавирусной инфекции относительно СМУ за 2015-2019 годы.

Расчет показателей и ранжирование выполнены с использованием MS Excel.

**Результаты.** Показатели первичной заболеваемости (ПЗ) населения трудоспособного возраста в целом по РФ, ПФО и РБ за 2015-2019 годы без учета случаев по классу XV МКБ-10 «Беременность, роды и послеродовой период» представлены в таблице 1.

Таблица 1

**Первичная заболеваемость населения трудоспособного возраста в целом по Российской Федерации, Приволжскому федеральному округу и Республике Башкортостан за 2015-2019 годы (на 100 000 населения соответствующего возраста)**

Table 1

**Primary morbidity of the working-age population of the Russian Federation, the Volga Federal District and the Republic of Bashkortostan in general between 2015 and 2019 (per 100,000 population of the corresponding age)**

Субъект	годы					СМУ	M±б	Kv	доля в структуре (%)
	2015	2016	2017	2018	2019				
<b>Всего болезней (без случаев по классу XV (O00-O99) Беременность, роды и послеродовой период)</b>									
РФ	52427,1	53206,7	52746,7	52990,5	53133,5	52900,9	52990,5±317,8	0,6	100,0
ПФО	58692,6	58253,3	56755,9	56944,8	56820,6	57493,4	56944,8±910,1	1,6	100,0
РБ	61465,4	62123,9	61189,7	62064,9	62961,9	61961,2	62064,9±685,5	1,1	100,0
<b>I (A00-B99) Некоторые инфекционные и паразитарные болезни</b>									
РФ	2063,8	2028,9	1957,6	1904,4	1822,3	1955,4	1957,6±96,8	4,9	3,7
ПФО	2190,1	2188,8	2056,4	2050,5	1878,7	2072,9	2056,4±128,1	6,2	3,6
РБ	2274,2	2307,4	1977,6	2121,1	1941,5	2124,4	2121,1±166,6	7,8	3,4

II (C00-D48) Новообразования									
РФ	1011,0	1010,5	999,0	1018,5	1052,4	1018,3	1011,0±20,3	2,0	1,9
ПФО	1130,2	1018,8	1057,4	1041,7	1127,6	1075,2	1057,4±50,9	4,7	1,9
РБ	909,6	789,5	879,3	923,2	1035,5	907,4	909,6±88,5	9,8	1,5
III (D50-D89) Болезни крови, кроветворных органов и отдельные нарушения, вовлекающие иммунный механизм									
РФ	298,7	292,6	296,4	274,4	280,0	288,4	292,6±10,6	3,7	0,5
ПФО	270,4	266,7	253,5	236,8	243,3	254,1	253,5±14,5	5,7	0,4
РБ	418,7	377,8	353,9	325,3	367,2	368,6	367,2±34,2	9,3	0,6
IV (E00-E90) Болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ									
РФ	1094,2	1173,0	1181,1	1060,6	1192,2	1140,2	1173,0±59,0	5,2	2,2
ПФО	1169,5	1213,0	1291,0	1137,4	1185,7	1199,3	1185,7±58,1	4,8	2,1
РБ	1216,0	845,4	1223,5	958,6	1063,9	1061,5	1063,9±163,8	15,4	1,7
V (F00-F99) Психические расстройства и расстройства поведения									
РФ	481,6	430,6	397,0	382,9	381,9	414,8	397,0±42,2	10,2	0,8
ПФО	526,9	479,6	428,2	405,1	392,1	446,4	428,2±56,1	12,6	0,8
РБ	323,2	364,3	513,3	383,8	380,4	393,0	380,4±71,5	18,2	0,6
VI (G00-G99) Болезни нервной системы									
РФ	1090,1	1074,6	1069,3	1044,6	1087,7	1073,3	1074,6±18,2	1,7	2,0
ПФО	1191,9	1098,0	1059,7	1085,6	1065,9	1100,2	1085,6±53,5	4,9	1,9
РБ	1681,1	1637,4	1507,3	1572,4	1714,2	1622,5	1637,4±83,4	5,1	2,6
VII (H00-H59) Болезни глаза и его придаточного аппарата									
РФ	2191,5	2129,3	2052,9	1981,5	1923,3	2055,7	2052,9±108,3	5,3	3,9
ПФО	2191,2	2072,6	2019,6	1883,4	1801,3	1993,6	2019,6±154,2	7,7	3,5
РБ	2591,5	2213,0	2363,3	2002,5	2118,0	2257,6	2213,0±228,7	10,1	3,6
VIII (H60-H95) Болезни уха и сосцевидного отростка									
РФ	1875,1	1869,4	1842,9	1798,2	1753,4	1827,8	1842,9±51,5	2,8	3,5
ПФО	2132,0	2076,5	1991,5	1958,1	1893,7	2010,4	1991,5±94,7	4,7	3,5
РБ	2556,1	2327,9	2153,0	2239,0	2137,6	2282,7	2239,0±170,7	7,5	3,7
IX (I00-I99) Болезни системы кровообращения									
РФ	2628,5	2697,5	2794,1	2803,4	3005,9	2785,9	2794,1±142,6	5,1	5,3
ПФО	3210,5	3115,8	3312,5	3353,4	3500,7	3298,6	3312,5±146,0	4,4	5,7
РБ	4041,1	3332,2	2964,5	2816,1	3233,8	3277,6	3233,8±474,0	14,5	5,3
X (J00-J99) Болезни органов дыхания									
РФ	16267,2	17321,2	17395,5	17936,7	17724,8	17329,1	17395,5±643,8	3,7	32,8

<b>ПФО</b>	17924,8	18847,7	18997,7	19592,2	19312,2	18934,9	18997,7±633,7	3,3	32,9
<b>РБ</b>	15999,3	18528,3	19062,2	20405,3	21188,6	19036,7	19062,2±1999,3	10,5	30,7
<b>XI (K00-K93) Болезни органов пищеварения</b>									
<b>РФ</b>	2582,9	2704,8	2600,0	2526,8	2483,2	2579,5	2582,9±83,9	3,3	4,9
<b>ПФО</b>	2786,1	2804,6	2652,2	2659,5	2602,2	2700,9	2659,5±89,2	3,3	4,7
<b>РБ</b>	4323,2	4651,3	4609,9	4833,3	4338,5	4551,3	4609,9±218,1	4,8	7,3
<b>XII (L00-L99) Болезни кожи и подкожной клетчатки</b>									
<b>РФ</b>	3643,7	3556,1	3404,3	3311,6	3323,0	3447,7	3404,3±146,7	4,3	6,5
<b>ПФО</b>	4202,7	4031,8	3648,9	3569,6	3852,5	3861,1	3852,5±262,6	6,8	6,7
<b>РБ</b>	4437,9	4684,7	4068,1	3633,0	3560,6	4076,9	4068,1±490,8	12,0	6,6
<b>XIII (M00-M99) Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани</b>									
<b>РФ</b>	2639,8	2611,2	2598,9	2628,4	2701,8	2636,0	2628,4±40,0	1,5	5,0
<b>ПФО</b>	3035,1	2910,7	2778,0	2886,3	2899,6	2901,9	2899,6±91,4	3,1	5,0
<b>РБ</b>	2490,0	2744,5	2402,5	2393,2	2523,3	2510,7	2490,0±142,1	5,7	4,1
<b>XIV (N00-N99) Болезни мочеполовой системы</b>									
<b>РФ</b>	5553,5	5532,7	5447,6	5484,5	5435,4	5490,8	5484,5±51,6	0,9	10,4
<b>ПФО</b>	6652,6	6485,4	6127,7	5978,5	5925,5	6233,9	6127,7±320,2	5,1	10,8
<b>РБ</b>	6999,6	6628,9	6120,8	5998,5	6200,4	6389,6	6200,4±415,4	6,5	10,3
<b>XIX (S00-T98) Травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин</b>									
<b>РФ</b>	8914,4	8712,4	8651,1	8777,0	8909,2	8792,8	8777,0±117,4	1,3	16,6
<b>ПФО</b>	10020,4	9607,4	9059,0	9092,0	9127,0	9381,1	9127,0±421,8	4,5	16,3
<b>РБ</b>	11178,8	10672,5	10980,5	11453,8	11157,9	11088,7	11157,9±287,7	2,6	17,9

Примечание: курсивом выделены классы болезней с самой высокой долей в структуре по РБ

Note: classes of diseases with the highest share in the structure of the Bashkortostan Republic are in italics

Показатели ПЗ населения трудоспособного возраста в РБ в исследуемом периоде имели незначительное отклонение варианта от среднего ( $K_v < 20\%$ ) и представляли статистически однородную совокупность. Показатели заболеваемости болезнями класса V (F00-F99) «Психические расстройства и расстройства поведения» близки к выраженной вариабельности ( $20\% < K_v < 30\%$ ).

На протяжении всего периода уровень ПЗ населения трудоспособного возраста РБ превышал общероссийский уровень (на 17,1% по среднемноголетнему значению) и уровень в целом по ПФО (на 7,8%).

Первое место в структуре ПЗ всех субъектов исследования занимал класс X (J00-J99) «Болезни органов дыхания» (БОД). В РБ доля БОД несколько ниже, чем в целом по РФ и ПФО (30,7% против 32,8% и 32,9% соответственно), при более высоком СМУ, чем в целом по РФ (на 9,9%) и практически равном ПФО (превышение на 0,5%). С 2015 по 2019 гг. первичная

заболеваемость БОД в РБ имела устойчивый рост с превышением общероссийского уровня в 2019 г. на 19,5%.

Второе и третье место в целом по РФ, ПФО и РБ занимали классы XIX (S00-T98) «Травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин» и XIV (N00-N99) «Болезни мочеполовой системы».

В РБ травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин занимали более значительную долю в структуре (17,9%) при существенно более высоком уровне, чем в целом по РФ (на 26,1%) и ПФО (на 18,2%).

Уровень ПЗ болезнями мочеполовой системы в РБ на 16,4% выше, чем в целом по стране, и незначительно выше, чем по округу (на 2,5%).

В отличие от РФ и ПФО, в РБ четвертое место занимал класс XI (K00-K93) «Болезни органов пищеварения». Доля этого класса в структуре ПЗ населения трудоспособного возраста РБ (7,3%) значительно превышала аналогичные общероссийские (4,9%, седьмое место) и окружные показатели (4,7%, седьмое место). СМУ первичной заболеваемости болезнями этого класса в РБ на 76,4% выше, чем в целом по РФ, и на 68,5% выше, чем по ПФО.

На пятом месте находился класс XII (L00-L99) «Болезни кожи и подкожной клетчатки» (6,6%). В РБ доля этого класса болезней в общей структуре фактически такая же, как в РФ (6,5%, 4-е место) и ПФО (6,7%, 4-е место), при более высоком уровне заболеваемости: на 18,2% выше общероссийского и на 5,6% выше окружного уровня.

Класс IX (I00-I99) «Болезни системы кровообращения» (далее – БСК) в РБ занимал 6-е место (в РФ и ПФО – 5-е место) при сопоставимой доле в структуре ПЗ (РФ – 5,3%, ПФО – 5,7%, РБ – 5,3%). Уровень заболеваемости на 17,6% выше, чем в целом по России, и незначительно ниже, чем по округу (на 0,6%).

Указанные выше классы МКБ-10 формировали более 78% всей ПЗ населения трудоспособного возраста РБ.

В остальных классах болезней МКБ-10 необходимо отметить болезни нервной системы, ПЗ которыми в РБ (СМУ 1622,5<sup>0</sup>/0000) на 51,1% выше, чем в целом по РФ (СМУ 1073,3<sup>0</sup>/0000), и на 47,5% выше, чем по ПФО (СМУ 1100,2<sup>0</sup>/0000). Первичная заболеваемость болезнями уха и сосцевидного отростка в РБ (СМУ 2282,7<sup>0</sup>/0000) также выше, чем в целом по РФ (СМУ 1827,8<sup>0</sup>/0000), на 21,5% и на 13,5% выше, чем по ПФО (СМУ 2010,4<sup>0</sup>/0000).

Заболеваемость болезнями костно-мышечной системы и соединительной ткани (БКМС), напротив, в РБ ниже на 4,8%, чем по РФ, и на 13,5%, чем по ПФО (СМУ соответственно 2510,7, 2636,0 и 2901,9<sup>0</sup>/0000).

Показатели общей заболеваемости (ОЗ) населения трудоспособного возраста в целом по РФ и ПФО и РБ за 2015–2019 гг. без учета случаев по классу XV МКБ-10 «Беременность, роды и послеродовой период» представлены в таблице 2.

Таблица 2

Общая заболеваемость населения трудоспособного возраста в целом по Российской Федерации, Приволжскому федеральному округу и Республике Башкортостан за 2015-2019 годы (на 100 000 населения соответствующего возраста)

Table 2

General morbidity of the working-age population of the Russian Federation, the Volga Federal District and the Republic of Bashkortostan in general between 2015 and 2019 (per 100,000 population of the corresponding age)

Субъект	годы					СМУ, 2015- 2019	М, 2015-2019	Кv	доля в структу ре (%)
	2015	2016	2017	2018	2019				
<b>Всего болезней (без случаев по классу XV (O00-O99) Беременность, роды и послеродовой период)</b>									
РФ	114958,5	117901,3	118175,9	119351,7	120782,2	118233,9	118175,9±1928,0	1,6	100,0
ПФО	130826,8	132181,8	130445,4	130367,1	131936,9	131151,6	130826,8±761,3	0,6	100,0
РБ	138598,6	142592,7	146791,5	150134,3	149751,6	145573,7	146791,5±4410,8	3,0	100,0
<b>I (A00-B99) Некоторые инфекционные и паразитарные болезни</b>									
РФ	4071,0	4178,0	4068,2	4058,4	3995,2	4074,1	4068,2±58,9	1,4	3,4
ПФО	4563,4	4673,6	4674,2	4657,2	4531,1	4619,9	4657,2±60,5	1,3	3,5
РБ	4676,7	4771,5	4609,6	4950,6	4566,6	4715,0	4676,7±136,6	2,9	3,2
<b>II (C00-D48) Новообразования</b>									
РФ	3709,3	3853,0	3972,1	4033,2	4135,1	3940,5	3972,1±147,4	3,7	3,3
ПФО	3938,7	3964,8	4074,0	4117,6	4354,3	4089,9	4074,0±147,9	3,6	3,1
РБ	2948,3	3223,1	3282,6	3501,4	3640,2	3319,1	3282,6±238,5	7,2	2,3
<b>III (D50-D89) Болезни крови, кроветворных органов и отдельные нарушения, вовлекающие иммунный механизм</b>									
РФ	934,4	1094,3	975,6	981,0	1015,5	1000,2	981,0±53,6	5,4	0,8
ПФО	1151,6	1185,6	1209,0	1180,3	1193,8	1184,1	1185,6±18,9	1,6	0,9
РБ	1884,4	1988,1	1877,1	1808,2	1719,4	1855,5	1877,1±89,0	4,8	1,3
<b>IV (E00-E90) Болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ</b>									
РФ	5292,0	5677,6	5923,7	5938,0	6345,3	5835,3	5923,7±346,0	5,9	4,9
ПФО	5536,6	5725,9	5861,9	5787,7	6063,2	5795,0	5787,7±172,1	3,0	4,4
РБ	4344,7	4026,0	4386,0	4484,7	4547,0	4357,7	4386,0±180,5	4,1	3,0
<b>V (F00-F99) Психические расстройства и расстройства поведения</b>									
РФ	5205,8	5175,1	5059,7	4867,2	4660,1	4993,6	5059,7±204,7	4,1	4,2
ПФО	5854,8	5916,2	5953,7	5403,0	5152,8	5656,1	5854,8±320,4	5,7	4,3
РБ	3975,0	7036,9	7995,0	6657,8	6536,4	6440,2	6657,8±1334,7	20,7	4,4
<b>VI (G00-G99) Болезни нервной системы</b>									
РФ	5259,4	5226,8	5190,1	5181,6	5236,9	5219,0	5226,8±29,1	0,6	4,4
ПФО	6779,9	6550,9	6324,8	6359,7	6313,6	6465,8	6359,7±179,0	2,8	4,9

<i>РБ</i>	12385,2	12092,6	12453,2	13154,4	13285,8	12674,3	12453,2±463,7	3,7	8,7
<b>VII (H00-H59) Болезни глаза и его придаточного аппарата</b>									
<i>РФ</i>	6428,4	6367,4	6126,9	5977,6	5855,4	6151,1	6126,9±219,9	3,6	5,2
<i>ПФО</i>	7309,1	7093,3	6684,8	6497,5	6289,7	6774,9	6684,8±376,1	5,6	5,2
<i>РБ</i>	7741,5	6777,9	7216,5	6882,1	6607,1	7045,0	6882,1±401,0	5,7	4,8
<b>VIII (H60-H95) Болезни уха и сосцевидного отростка</b>									
<i>РФ</i>	2780,0	2761,6	2743,4	2647,2	2606,9	2707,8	2743,4±68,2	2,5	2,3
<i>ПФО</i>	3163,6	3114,1	2971,7	2851,2	2811,1	2982,3	2971,7±139,2	4,7	2,3
<i>РБ</i>	4102,0	3724,3	3446,1	3360,9	3251,6	3577,0	3446,1±305,6	8,5	2,5
<b>IX (I00-I99) Болезни системы кровообращения</b>									
<i>РФ</i>	13990,1	15085,0	15602,2	16058,0	16901,5	15527,3	15602,2±973,1	6,3	13,1
<i>ПФО</i>	16221,6	17188,0	17318,3	17796,5	19110,7	17527,0	17318,3±942,7	5,4	13,4
<i>РБ</i>	17287,8	17354,9	17652,2	18179,2	19122,3	17919,3	17652,2±678,8	3,8	12,3
<b>X (J00-J99) Болезни органов дыхания</b>									
<i>РФ</i>	19860,3	20961,1	21201,7	21769,0	21678,2	21094,1	21201,7±685,3	3,2	17,8
<i>ПФО</i>	21933,4	22945,8	23141,6	23565,1	23436,7	23004,5	23141,6±578,0	2,5	17,5
<i>РБ</i>	20152,5	22412,7	23908,1	24829,3	25736,0	23407,7	23908,1±1963,6	8,4	16,1
<b>XI (K00-K93) Болезни органов пищеварения</b>									
<i>РФ</i>	9565,2	9815,1	9786,7	9700,7	9637,1	9700,9	9700,7±92,6	1,0	8,2
<i>ПФО</i>	10728,3	10981,2	10663,3	10481,4	10561,9	10683,2	10663,3±171,3	1,6	8,1
<i>РБ</i>	14064,4	14686,2	15545,8	16630,6	15972,1	15379,8	15545,8±911,5	5,9	10,6
<b>XII (L00-L99) Болезни кожи и подкожной клетчатки</b>									
<i>РФ</i>	4980,1	4892,1	4812,9	4759,1	4786,6	4846,2	4812,9±80,4	1,7	4,1
<i>ПФО</i>	5592,5	5455,9	5164,0	5215,1	5405,6	5366,6	5405,6±157,8	2,9	4,1
<i>РБ</i>	6830,9	6682,6	6159,5	5935,5	5655,4	6252,8	6159,5±443,9	7,1	4,3
<b>XIII (M00-M99) Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани</b>									
<i>РФ</i>	11017,3	10985,3	11014,1	11236,6	11520,4	11154,7	11017,3±203,9	1,8	9,4
<i>ПФО</i>	13094,3	12824,9	12630,8	12717,4	12904,5	12834,4	12824,9±159,8	1,2	9,8
<i>РБ</i>	11720,0	11919,0	12530,2	13351,6	13495,1	12603,2	12530,2±722,4	5,7	8,7
<b>XIV (N00-N99) Болезни мочеполовой системы</b>									
<i>РФ</i>	12692,8	12893,7	12847,5	13176,5	13304,4	12983,0	12893,7±224,2	1,7	11,0
<i>ПФО</i>	14672,8	14703,4	14524,9	14462,4	14503,8	14573,5	14524,9±96,2	0,7	11,1
<i>РБ</i>	15139,7	15069,1	14582,9	14793,4	14343,5	14785,7	14793,4±297,5	2,0	10,2
<b>XIX (S00-T98) Травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин</b>									
<i>РФ</i>	8937,7	8732,3	8653,1	8778,0	8912,1	8802,6	8778,0±107,8	1,2	7,4
<i>ПФО</i>	10047,9	9650,8	9063,1	9093,6	9129,3	9396,9	9129,3±390,7	4,2	7,2
<i>РБ</i>	11178,8	10672,5	10980,5	11453,8	11157,9	11088,7	11157,9±257,3	2,3	7,6

Примечание: курсивом выделены классы болезней с самой высокой долей в структуре по РБ

Note: classes of diseases with the highest share in the structure of the Bashkortostan Republic are in italics

Показатели ОЗ населения трудоспособного возраста в РБ в исследуемом периоде, в основном, имели незначительное отклонение вариант от среднего ( $K_v < 20\%$ ) и представляли статистически однородную совокупность. Выраженная вариабельность показателей ( $20\% < K_v < 30\%$ ) отмечалась в классе V (F00-F99) «Психические расстройства и расстройства поведения».

На протяжении всего периода уровень ОЗ населения трудоспособного возраста РБ превышал общероссийский уровень (на 23,1% по СМУ) и уровень в целом по ПФО (на 11,0% по СМУ).

Нозологическая структура ОЗ, в отличие от ПЗ, имела более равномерное распределение: 78,9% всей ОЗ формировали уже 8 классов болезней МКБ-10.

Первое и второе место в структуре ОЗ всех субъектов исследования занимали классы X (J00-J99) «Болезни органов дыхания» и IX (I00-I99) «Болезни системы кровообращения».

В РБ доля БОД составляла 16,1%, что ниже, чем в целом по РФ (17,8%) и ПФО (17,5%), при более высоком СМУ, чем в целом по РФ (на 11,0%) и ПФО (на 1,8%). С 2015 по 2019 годы ОЗ БОД в РБ имела устойчивый рост.

Доля БСК в структуре ОЗ населения трудоспособного возраста РБ (12,3%) несколько меньше аналогичного показателя в целом по РФ (на 13,1%) и ПФО (на 13,4%) при более высоком среднемноголетнем уровне ОЗ: выше на 15,4%, чем в целом по РФ, и на 2,2%, чем по ПФО. В течение всего периода наблюдался устойчивый рост ОЗ БСК.

В РБ на третьем месте, в отличие от РФ и ПФО (5-е место), находился класс XI (K00-K93) «Болезни органов пищеварения» со значительно более высоким СМУ: выше на 58,5%, чем в целом по РФ, и на 44,0%, чем по ПФО. В 2019 г. отмечено некоторое снижение ОЗ на фоне устойчивого роста с 2015 г.

Четвертое место в РБ занимал класс XIV (N00-N99) «Болезни мочеполовой системы» (третье место в целом по РФ и ПФО). При этом СМУ ОЗ болезнями мочеполовой системы выше, чем в целом по России, на 13,9% и на 1,5%, чем по округу. С 2015 г. наблюдалась некоторая тенденция к снижению уровня ОЗ.

На пятом месте в структуре ОЗ населения трудоспособного возраста РБ находился класс VI (G00-G99) «Болезни нервной системы» (9-е место в целом по РФ, 8-е место по ПФО). В данном классе болезней выявлены самые значительные отличия: СМУ в РБ выше общероссийского на 142,8% и окружного на 96,0%. С 2016 г. наблюдался устойчивый рост.

Класс XIII (M00-M99) «Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани» занимал 6-е место (в целом по РФ и ПФО 4-е место). При значительно меньшей доле в структуре ОЗ (РБ – 8,7%, РФ – 9,4%, ПФО – 9,8%) СМУ заболеваемости БКМС в РБ выше общероссийского на 13,0% и незначительно ниже окружного на 1,8%. В течение всего периода наблюдался устойчивый рост показателей ОЗ БКМС.

Класс XIX (S00-T98) «Травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин» также занимал в РБ более низкое 7-е место в числе причин ОЗ (в целом по РФ и ПФО 6-е место). При этом доля в структуре ОЗ данного класса в РБ выше,

чем в целом по РФ (7,4%) и ПФО (7,2%). Уровень ОЗ в этом классе в РБ на 26,0% выше, чем в целом по России, и на 18,0% выше, чем по округу.

На 8-м месте причин ОЗ – класс VII (H00-H59) «Болезни глаза и его придаточного аппарата» (в целом по РФ и ПФО 7-е место). В РБ уровень ОЗ несколько выше, чем в целом по РФ и ПФО (на 14,5 и 4,0% соответственно). С 2015 г. наблюдалась некоторая тенденция к снижению уровня ОЗ.

В остальных классах болезней МКБ-10 следовало отметить класс III (D50-D89) «Болезни крови, кроветворных органов и отдельные нарушения, вовлекающие иммунный механизм», где СМУ ОЗ (1855,5<sup>0</sup>/0000) в РБ превышал общероссийский показатель на 85,5% (1000,2<sup>0</sup>/0000) и окружной уровень на 56,7 (1184,1<sup>0</sup>/0000).

Значительно ниже в РБ СМУ ОЗ в классе IV (E00-E90) «Болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ» (4357,7<sup>0</sup>/0000): на 25,3% ниже, чем в целом по РФ (5835,3<sup>0</sup>/0000), и на 24,8% ниже, чем по ПФО (5795,0<sup>0</sup>/0000).

Уровень заболеваемости населения трудоспособного возраста новой коронавирусной инфекцией в РБ (2623,7<sup>0</sup>/0000) фиксировался на более низком уровне, чем в целом по РФ (3 702,7<sup>0</sup>/0000) и ПФО (2709,1<sup>0</sup>/0000). На этом фоне в РБ в 2020 г. зафиксирован более значительный рост ПЗ в целом (всего болезней без случаев по классу XV (O00-O99) «Беременность, роды и послеродовой период»).

Изменение уровня ПЗ населения трудоспособного возраста в 2020 г. относительно СМУ 2015-2019 годов представлено в таблице 3.

Таблица 3

**Среднемноголетние уровни первичной заболеваемости населения трудоспособного возраста в Российской Федерации, Приволжском федеральном округе и Республике Башкортостан за 2015-2019 гг. и 2020 г. (на 100 000 населения соответствующего возраста) и темп прироста показателей в 2020 г. относительно СМУ<sub>2015-19</sub> (в %)**

Table 3

**Average long-term levels of primary morbidity of the working-age population in the Russian Federation, the Volga Federal District and the Republic of Bashkortostan between 2015 and 2019 and 2020 (per 100,000 of the population of the corresponding age) and the rate of growth of indicators in 2020 regarding ALTL<sub>2015-19</sub> (in %)**

	СМУ 2015-2019 гг.	2020 г.	рост 2020 г. к СМУ
<b>Всего болезней (без случаев по диагнозу: Беременность, роды и послеродовой период)</b>			
РФ	52 900,9	55 663,7	5,2
ПФО	57 493,4	60 820,1	5,8
РБ	61 961,2	70 762,6	14,2
<b>I (A00-B99) Некоторые инфекционные и паразитарные болезни</b>			
РФ	1 955,4	1 432,8	-26,7
ПФО	2 072,9	1 552,4	-25,1
РБ	2 124,4	2 060,3	-3,0

<b>II (C00-D48) Новообразования</b>			
РФ	1 018,3	872,0	-14,4
ПФО	1 075,2	875,4	-18,6
РБ	907,4	766,5	-15,5
<b>III (D50-D89) Болезни крови, кроветворных органов и отдельные нарушения, вовлекающие иммунный механизм</b>			
РФ	288,4	203,6	-29,4
ПФО	254,1	166,5	-34,5
РБ	368,6	244,5	-33,7
<b>IV (E00-E90) Болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ</b>			
РФ	1 140,2	877,1	-23,1
ПФО	1 199,3	787,6	-34,3
РБ	1 061,5	826,0	-22,2
<b>V (F00-F99) Психические расстройства и расстройства поведения</b>			
РФ	414,8	314,4	-24,2
ПФО	446,4	347,9	-22,1
РБ	393,0	410,7	4,5
<b>VI (G00-G99) Болезни нервной системы</b>			
РФ	1 073,3	898,8	-16,3
ПФО	1 100,2	823,3	-25,2
РБ	1 622,5	1 409,7	-13,1
<b>VII (H00-H59) Болезни глаза и его придаточного аппарата</b>			
РФ	2 055,7	1 595,1	-22,4
ПФО	1 993,6	1 458,7	-26,8
РБ	2 257,6	1 772,6	-21,5
<b>VIII (H60-H95) Болезни уха и сосцевидного отростка</b>			
РФ	1 827,8	1 460,3	-20,1
ПФО	2 010,4	1 599,0	-20,5
РБ	2 282,7	1 933,2	-15,3
<b>IX (I00-I99) Болезни системы кровообращения</b>			
РФ	2 785,9	2 448,6	-12,1
ПФО	3 298,6	2 762,0	-16,3
РБ	3 277,6	2 604,6	-20,5
<b>X (J00-J99) Болезни органов дыхания</b>			
РФ	17 329,1	22 258,0	28,4
ПФО	18 934,9	26 886,6	42,0
РБ	19 036,7	30 305,3	59,2
<b>XI (K00-K93) Болезни органов пищеварения</b>			

РФ	2 579,5	2 051,5	-20,5
ПФО	2 700,9	2 102,7	-22,1
РБ	4 551,3	3 338,4	-26,6
<b>XII (L00-L99) Болезни кожи и подкожной клетчатки</b>			
РФ	3 447,7	2 743,2	-20,4
ПФО	3 861,1	3 119,6	-19,2
РБ	4 076,9	3 608,3	-11,5
<b>XIII (M00-M99) Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани</b>			
РФ	2 636,0	2 250,4	-14,6
ПФО	2 901,9	2 429,3	-16,3
РБ	2 510,7	2 549,4	1,5
<b>XIV (N00-N99) Болезни мочеполовой системы</b>			
РФ	5 490,8	4 376,8	-20,3
ПФО	6 233,9	4 775,5	-23,4
РБ	6 389,6	5 833,7	-8,7
<b>XIX (S00-T98) Травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин</b>			
РФ	8 792,8	8 127,0	-7,6
ПФО	9 381,1	8 412,3	-10,3
РБ	11 088,7	10 475,2	-5,5

Рост ПЗ в РБ отмечен в трех классах болезней МКБ-10. В целом по РФ и ПФО выявлен только рост ПЗ БОД. Рост уровня заболеваемости БОД в РБ (на 59,2%) значительно превысил аналогичные общероссийские (на 28,4%) и окружные показатели (на 42,0%).

Отмечался рост заболеваемости БКМС (1,5%), психическими расстройствами и расстройствами поведения (на 4,5%) при снижении в целом по РФ и ПФО.

Максимальное снижение уровня ПЗ в РБ отмечалось в классе III (D50-D89) «Болезни крови, кроветворных органов и отдельные нарушения, вовлекающие иммунный механизм» (33,7%). На втором месте – класс XI (K00-K93) «Болезни органов пищеварения» (снижение на 26,6%), на третьем – класс IV (E00-E90) «Болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ» (снижение на 22,2%).

В целом по РФ максимальное снижение уровня ПЗ выявлено также в III классе (D50-D89) «Болезни крови, кроветворных органов и отдельные нарушения, вовлекающие иммунный механизм» (29,4%). На втором месте – класс I (A00-B99) «Некоторые инфекционные и паразитарные болезни» (снижение составило 26,7%), на третьем – класс V (F00-F99) «Психические расстройства и расстройства поведения» (снижение на 24,2%).

В целом по ПФО практически в равной степени снизилась ПЗ в классах III (D50-D89) «Болезни крови, кроветворных органов и отдельные нарушения, вовлекающие иммунный механизм» (на 34,5%) и IV (E00-E90) «Болезни эндокринной системы, расстройства питания и

нарушения обмена веществ» (на 34,3%). На третьем месте – класс VII (H00-H59) «Болезни глаза и его придаточного аппарата» (снижение на 26,8%).

Общая заболеваемость населения трудоспособного возраста в РБ, в отличие от показателей РФ и ПФО, также выросла.

Изменение уровня ОЗ населения трудоспособного возраста в 2020 г. относительно СМУ 2015-2019 гг. представлено в таблице 4.

Таблица 4

**Среднемноголетние уровни общей заболеваемости населения трудоспособного возраста в Российской Федерации, Приволжском федеральном округе и Республике Башкортостан за 2015-2019 гг. и 2020 г. (на 100 000 населения соответствующего возраста) и темп прироста показателей в 2020 г. относительно СМУ<sub>2015-19</sub> (в %)**

Table 4

**Average long-term levels of general morbidity of the working-age population in the Russian Federation, the Volga Federal District and the Republic of Bashkortostan for 2015-2019 and 2020 (per 100,000 of the population of the corresponding age) and the rate of growth of indicators in 2020 regarding ALTL<sub>2015-19</sub> (in %)**

	СМУ 2015-2019 гг.	2020 г.	рост 2020 г. к СМУ
<b>Всего болезней (без случаев по диагнозу: Беременность, роды и послеродовой период)</b>			
РФ	118233,9	117982,8	-0,2
ПФО	131151,6	128744,4	-1,8
РБ	145573,7	151257,9	3,9
<b>I (A00-B99) Некоторые инфекционные и паразитарные болезни</b>			
РФ	4074,1	3453,0	-15,2
ПФО	4619,9	4033,1	-12,7
РБ	4715,0	4233,4	-10,2
<b>II (C00-D48) Новообразования</b>			
РФ	3940,5	3901,5	-1,0
ПФО	4089,9	3812,1	-6,8
РБ	3319,1	2918,6	-12,1
<b>III (D50-D89) Болезни крови, кроветворных органов и отдельные нарушения, вовлекающие иммунный механизм</b>			
РФ	1000,2	868,7	-13,1
ПФО	1184,1	1013,6	-14,4
РБ	1855,5	1492,9	-19,5
<b>IV (E00-E90) Болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ</b>			
РФ	5835,3	5814,1	-0,4
ПФО	5795,0	5521,4	-4,7
РБ	4357,7	4346,5	-0,3
<b>V (F00-F99) Психические расстройства и расстройства поведения</b>			

РФ	4993,6	4378,2	-12,3
ПФО	5656,1	4916,9	-13,1
РБ	6440,2	6207,3	-3,6
<b>VI (G00-G99) Болезни нервной системы</b>			
РФ	5219,0	4413,1	-15,4
ПФО	6465,8	5248,6	-18,8
РБ	12674,3	12604,2	-0,6
<b>VII (H00-H59) Болезни глаза и его придаточного аппарата</b>			
РФ	6151,1	4997,1	-18,8
ПФО	6774,9	5249,6	-22,5
РБ	7045,0	5702,5	-19,1
<b>VIII (H60-H95) Болезни уха и сосцевидного отростка</b>			
РФ	2707,8	2191,6	-19,1
ПФО	2982,3	2396,2	-19,7
РБ	3577,0	2912,6	-18,6
<b>IX (I00-I99) Болезни системы кровообращения</b>			
РФ	15527,3	15859,1	2,1
ПФО	17527,0	17955,7	2,4
РБ	17919,3	17611,2	-1,7
<b>X (J00-J99) Болезни органов дыхания</b>			
РФ	21094,1	25964,8	23,1
ПФО	23004,5	30546,8	32,8
РБ	23407,7	34265,9	46,4
<b>XI (K00-K93) Болезни органов пищеварения</b>			
РФ	9700,9	8514,0	-12,2
ПФО	10683,2	9269,0	-13,2
РБ	15379,8	14375,6	-6,5
<b>XII (L00-L99) Болезни кожи и подкожной клетчатки</b>			
РФ	4846,2	4060,0	-16,2
ПФО	5366,6	4606,9	-14,2
РБ	6252,8	5346,3	-14,5
<b>XIII (M00-M99) Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани</b>			
РФ	11154,7	10054,5	-9,9
ПФО	12834,4	10605,3	-17,4
РБ	12603,2	12731,5	1,0
<b>XIV (N00-N99) Болезни мочеполовой системы</b>			
РФ	12983,0	11519,8	-11,3
ПФО	14573,5	12288,8	-15,7
РБ	14785,7	13300,9	-10,0

XIX (S00-T98) Травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин			
РФ	8802,6	8128,8	-7,7
ПФО	9396,9	8414,6	-10,5
РБ	11088,7	10475,2	-5,5

Рост ОЗ БОД в РБ (на 46,4%) превышал прирост аналогичных показателей в целом по РФ (на 23,1%) и ПФО (на 32,8%).

Кроме того, в РБ выросла ОЗ БКМС (на 1,0%) при снижении в целом по РФ (на 9,9%) и ПФО (на 17,4%) и снизилась ОЗ БСК (на 1,7%) при росте в целом по РФ и ПФО (соответственно на 2,1% и 2,4%).

Максимальное снижение уровня ОЗ в РБ отмечено в классе III (D50-D89) «Болезни крови, кроветворных органов и отдельные нарушения, вовлекающие иммунный механизм» (на 19,5%). На втором месте – класс VII (H00-H59) «Болезни глаза и его придаточного аппарата» (снижение на 19,1%), на третьем – класс VIII (H60-H95) «Болезни уха и сосцевидного отростка» (снижение на 18,6%).

Максимальное снижение уровня ОЗ в РБ отмечалось в классе VIII (H60-H95) «Болезни уха и сосцевидного отростка» (на 19,1%). На втором месте – класс VII (H00-H59) «Болезни глаза и его придаточного аппарата» (снижение на 18,8%), на третьем – класс XII (L00-L99) «Болезни кожи и подкожной клетчатки» (снижение на 16,2%).

В целом по ПФО максимальное снижение уровня ОЗ отмечалось в классе VII (H00-H59) «Болезни глаза и его придаточного аппарата» (на 22,5%). На втором месте – класс VIII (H60-H95) «Болезни уха и сосцевидного отростка» (снижение на 19,7%), на третьем – класс VI (G00-G99) «Болезни нервной системы» (снижение на 18,8%).

**Обсуждение.** Проведенный эпидемиологический анализ позволил выявить, что за последние годы уровень ОЗ населения трудоспособного возраста РБ превышал общероссийский уровень более чем на 20% и окружной – на 11%; уровень ПЗ на 17,1% превышал таковой по РФ и почти на 8% – по ПФО. Наши исследования полностью корреспондируются с рядом публикаций в области общественного здравоохранения, свидетельствующих о значительной вариабельности показателей заболеваемости населения трудоспособного возраста в зависимости от региональной принадлежности. Причины этих различий, как отмечают авторы, требуют дополнительного и более углубленного изучения [27].

Если в структуре ПЗ во всех субъектах первые три ранговых места занимали одни и те же классы заболеваний, а именно «Болезни органов дыхания», «Травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин» и «Болезни мочеполовой системы», то в структуре ОЗ имелось некоторое отличие по распределению этих мест в анализируемых субъектах. Первые два ранговых места по РБ, РФ и ПФО занимали БОД и БСК, на третьем месте в РБ находились «Болезни органов пищеварения», в то время как в РФ и ПФО данной группе заболеваний принадлежало 5-е место, а третье место было за болезнями мочеполовой системы.

При этом за анализируемый период в республике наблюдался неуклонный рост ОЗ БОД и к 2020 г. рост к СМУ составил 46,4% (в РФ – 28,4%, в ПФО – 42,0%). В РБ отмечено снижение ОЗ БСК на 1,7%, а по РФ и ПФО – рост на 2,1 и 2,4% соответственно. Приведенные данные согласуются с рядом зарубежных исследований, в которых указывается о высокой заболеваемости населения болезнями органов дыхания, особенно в регионах с высокой техногенной нагрузкой [28, 29]. Без сомнения, важнейшими причинами роста заболеваемости населения болезнями органов дыхания и сердечно-сосудистой патологией является значительное ухудшение экологической обстановки в регионах, а также воздействие вредных производственных факторов, т.к. более 35% трудоспособного взрослого населения Республики Башкортостан и других регионов ПФО трудятся во вредных условиях труда.

Особо следует подчеркнуть, что в республике наблюдался значительный рост болезней нервной системы – на 142,8% выше общероссийского и на 96,0% выше окружного, а также рост заболеваемости психическими расстройствами и расстройствами поведения при снижении показателя в целом по РФ и ПФО. Ухудшение в экономике, распад предприятий, потеря работы и заработка, а также негативные процессы в здравоохранении: сокращение коечного фонда, врачебных должностей, особенно в сельской местности, отсутствие значительного эффекта от проводимой диспансеризации населения, по нашему мнению, являются важнейшими причинами сложившейся ситуации. Особенности заболеваемости населения трудоспособного возраста должны быть учтены при принятии нормативов финансового обеспечения территориальных программ государственных гарантий бесплатного оказания медицинских услуг населению [30].

#### **Выводы:**

1. Проведенные исследования свидетельствуют о росте показателей первичной и общей заболеваемости населения трудоспособного возраста РБ с 2015 по 2019 гг. в отличие от таковых по РФ и ПФО.
2. Ведущие места в структуре заболеваемости лиц трудоспособного возраста в республике занимали БОД, БСК и болезни системы пищеварения. За анализируемый период в РБ по сравнению с другими регионами значительно выросла заболеваемость БОД, болезнями системы пищеварения и нервной системы, а также наблюдался устойчивый рост показателей ОЗ БКМС, психическими расстройствами и расстройствами поведения.
3. Несмотря на то что травмы, отравления и другие последствия воздействия внешних причин в РБ занимали лишь 7-е место в числе причин ОЗ, их доля в структуре и уровень заболеваемости в РБ в этом классе выше, чем в целом по РФ и ПФО.
4. Более низкие показатели СМУ ОЗ в республике по сравнению с другими регионами наблюдались в классе болезней эндокринной системы, расстройств питания и нарушений обмена веществ, новой коронавирусной инфекцией. Уровень ОЗ населения трудоспособного возраста в РБ фиксировался на более низком уровне ( $2623,7^0/0000$ ) по сравнению с РФ ( $3\ 702,7^0/0000$ ) и ПФО ( $2709,1^0/0000$ ).

5. Максимальное снижение уровней ОЗ и ПЗ населения трудоспособного возраста в РБ отмечено по классу болезней крови и кроветворных органов. Кроме того, наблюдалось снижение уровней заболеваемости по классам болезней органов пищеварения, эндокринной системы, глаза и его придаточного аппарата, уха и сосцевидного отростка (от 18% до 26% в разных классах).
6. Ситуация с заболеваемостью населения трудоспособного возраста республики, на наш взгляд, требует более тщательного, глубокого анализа причин, влияющих на основные демографические процессы и разработки системы общественно-политических, социальных, медицинских мероприятий по сохранению здоровья работающего населения.

#### Список литературы:

1. Воробьев А.А., Непогожев А.В. Анализ изменения трудового потенциала регионов Приволжского федерального округа за 2005-2016 годы. Вестник Академии знаний. 2018;29(6): 275-79
2. Уставщикова С.В. Концепция демографической политики - 2025 и демографическая ситуация в Приволжском федеральном округе. Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2016; 16(1): 14-8
3. Петров А.М., Качкова О.Е., Шнайдер В.В. Анализ медико-демографической ситуации в Российской Федерации за период с 2005 по 2019 год в контексте проблемы постарения населения. Вестник СамГУПС. 2020; 2 (48): 33-8
4. Валиахметов Р. Демографический потенциал башкирского народа. Ватандаш. 2019; (3):196-202
5. Демографические процессы в Республике Башкортостан: статистический сборник. Уфа: Башкортостанстат, 2019: 131
6. Коэффициенты рождаемости, смертности, естественного прироста, браков, разводов. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/12781>
7. Ханова И., Гильмутдинова Р., Дубинина Э. Демографическая ситуация в Республике Башкортостан: вызовы и угрозы. Экономика и управление: научно-практический журнал. 2021;1(157): 144-7
8. Валеева Э.Т., Гимранова Г.Г., Шайхлисламова Э.Р. Производственные и непроизводственные факторы риска развития болезней системы кровообращения у работников нефтяной промышленности. Здоровье населения и среда обитания. 2021; 3(336): 4-8
9. Измеров Н.Ф. Современные проблемы медицины труда России. Медицина труда и экология человека. 2015; (2): 5-12
10. Сафиуллин Л.Н., Мингазова А.Ф. Влияние состояния здоровья трудоспособного населения страны на эффективность инновационного развития российской экономики. Казанский экономический вестник. 2019; 1(39): 71-7

11. Александрова Г.А., Поликарпов А.В., Голубев Н.А., Оськов Ю.И., Кадулина Н.А., Беляева И.М. и др. Заболеваемость взрослого населения России в 2015 году. Статистические материалы. Часть III. М.: Департамент мониторинга, анализа и стратегического развития здравоохранения Министерства здравоохранения Российской Федерации, ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» Министерства здравоохранения Российской Федерации. 2016:159
12. Александрова Г.А., Поликарпов А.В., Голубев Н.А., Оськов Ю.И., Кадулина Н.А., Беляева И.М., и др. Общая заболеваемость взрослого населения России в 2015 году. Статистические материалы. Часть IV. М.: Департамент мониторинга, анализа и стратегического развития здравоохранения Министерства здравоохранения Российской Федерации, ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» Министерства здравоохранения Российской Федерации. 2016: 159
13. Поликарпов А.В., Александрова Г.А., Голубев Н.А., Тюрина Е.М., Оськов Ю.И., Шелепова Е.А. и др. Заболеваемость взрослого населения России в 2017 году. Статистические материалы. Часть III. М.: Департамент мониторинга, анализа и стратегического развития здравоохранения Министерства здравоохранения Российской Федерации, ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» Министерства здравоохранения Российской Федерации. 2018: 160
14. Поликарпов А.В., Александрова Г.А., Голубев Н.А., Тюрина Е.М., Оськов Ю.И., Шелепова Е.А. и др. Общая заболеваемость взрослого населения России в 2017 году. Статистические материалы. Часть IV. М.: Департамент мониторинга, анализа и стратегического развития здравоохранения Минздрава Российской Федерации, ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» Министерства здравоохранения Российской Федерации. 2018: 160
15. Александрова Г.А., Голубев Н.А., Тюрина Е.М., Оськов Ю.И., Шелепова Е.А., Поликарпов А.В. и др. Заболеваемость взрослого населения России в 2019 году с диагнозом, установленным впервые в жизни. Статистические материалы. Часть III. М.: Департамент мониторинга, анализа и стратегического развития здравоохранения Министерства здравоохранения Российской Федерации, ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» Министерства здравоохранения Российской Федерации. 2020: 160
16. Александрова Г.А., Голубев Н.А., Тюрина Е.М., Оськов Ю.И., Шелепова Е.А., Поликарпов А.В. и др. Общая заболеваемость взрослого населения России в 2019 году. Статистические материалы. Часть IV. М.: Департамент мониторинга, анализа и стратегического развития здравоохранения Министерства здравоохранения Российской Федерации, ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» Министерства здравоохранения Российской Федерации. 2020: 160
17. Котова Е.Г., Кобякова О.С., Стародубов В.И., Александрова Г.А., Голубев Н.А., Поликарпов А.В. и др. Заболеваемость взрослого населения России в 2020 году с диагнозом,

- установленным впервые в жизни: статистические материалы. М.: ЦНИИОИЗ Минздрава России. 2021:164
18. Котова Е.Г., Кобякова О.С., Стародубов В.И., Александрова Г.А., Голубев Н.А., Поликарпов А.В. и др. Общая заболеваемость взрослого населения России в 2020 году: статистические материалы. М.: ЦНИИОИЗ Минздрава России. 2021:163
  19. Александрова Г.А., Поликарпов А.В., Голубев Н.А., Оськов Ю.И., Кадулина Н.А., Беляева И.М. и др. Заболеваемость населения старше трудоспособного возраста (с 55 лет у женщин и с 60 лет у мужчин) по России в 2015 году. Статистические материалы. Часть VII. М.: Департамент мониторинга, анализа и стратегического развития здравоохранения Министерства здравоохранения Российской Федерации, ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» Министерства здравоохранения Российской Федерации. 2016:184
  20. Александрова Г.А., Поликарпов А.В., Голубев Н.А., Оськов Ю.И., Кадулина Н.А., Беляева И.М. и др. Общая заболеваемость населения старше трудоспособного возраста (с 55 лет у женщин и с 60 лет у мужчин) по России в 2015 году. Статистические материалы. Часть VIII. М.: Департамент мониторинга, анализа и стратегического развития здравоохранения Министерства здравоохранения Российской Федерации, ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» Министерства здравоохранения Российской Федерации. 2016: 196
  21. Поликарпов А.В., Александрова Г.А., Голубев Н.А., Тюрина Е.М., Оськов Ю.И., Шелепова Е.А. и др. Заболеваемость населения старше трудоспособного возраста (с 55 лет у женщин и с 60 лет у мужчин) по России в 2017 году. Статистические материалы. Часть VII. М.: Департамент мониторинга, анализа и стратегического развития здравоохранения Министерства здравоохранения Российской Федерации, ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» Министерства здравоохранения Российской Федерации. 2018:183
  22. Поликарпов А.В., Александрова Г.А., Голубев Н.А., Тюрина Е.М., Оськов Ю.И., Шелепова Е.А. и др. Общая заболеваемость населения старше трудоспособного возраста (с 55 лет у женщин и с 60 лет у мужчин) по России в 2017 году. Статистические материалы. Часть VIII. М.: Департамент мониторинга, анализа и стратегического развития здравоохранения Министерства здравоохранения Российской Федерации, ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» Министерства здравоохранения Российской Федерации. 2018: 195
  23. Александрова Г.А., Голубев Н.А., Тюрина Е.М., Оськов Ю.И., Шелепова Е.А., Поликарпов А.В. и др. Заболеваемость населения старше трудоспособного возраста (с 55 лет у женщин и с 60 лет у мужчин) по России в 2019 году с диагнозом, установленным впервые в жизни. Статистические материалы. Часть VII. М.: Департамент мониторинга, анализа и стратегического развития здравоохранения Министерства здравоохранения Российской Федерации, ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» Министерства здравоохранения Российской Федерации. 2020: 183

24. Александрова Г.А., Голубев Н.А., Тюрина Е.М., Оськов Ю.И., Шелепова Е.А., Поликарпов А.В. и др. Общая заболеваемость населения старше трудоспособного возраста (с 55 лет у женщин и с 60 лет у мужчин) по России в 2019 году. Статистические материалы. Часть VIII. М.: Департамент мониторинга, анализа и стратегического развития здравоохранения Министерства здравоохранения Российской Федерации, ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» Министерства здравоохранения Российской Федерации. 2020: 195
25. Котова Е.Г., Кобякова О.С., Стародубов В.И., Александрова Г.А., Голубев Н.А., Поликарпов А.В. и др. Заболеваемость населения старше трудоспособного возраста по России в 2020 году с диагнозом, установленным впервые в жизни: статистические материалы. М.: ЦНИИОИЗ Минздрава России. 2021:184
26. Котова Е.Г., Кобякова О.С., Стародубов В.И., Александрова Г.А., Голубев Н.А., Поликарпов А.В. и др. Общая заболеваемость населения старше трудоспособного возраста по России в 2020 году: статистические материалы. М.: ЦНИИОИЗ Минздрава России. 2021: 196
27. Шастин А.С., Малых О.Л., Газимова В.Г., Цепилова Т.М., Устюгова Т.С. Заболеваемость трудоспособного населения Российской Федерации в 2015-2019 годах. Гигиена и санитария. 2021;100 (12):1487-93.
28. Peden D.B. The epidemiology and genetics of asthma risk associated with air pollution // Journal of Allergy and Clinical Immunology. – 2005. – Vol. 115, № 2. – P. 213–219. DOI: 10.1016/j.jaci.2004.12.003
29. Risk of concentrations of major air pollutants on the prevalence of cardiovascular and respiratory diseases in urbanized area of Kuala Lumpur, Malaysia / M.A.B.A. Tajudin, F. Khanb, W.R.W. Mahiyuddin, R. Hodd, M.T. Latif, A.H. Hamid, S.A. Rahman, M. Sahani // Ecotoxicology and Environmental Safety. – 2019. – Vol. 171. – P. 290–300. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2018.12.057
30. Масюк Н.Н., Усачева Е.Н., Куликова О.М. Социально-экономические показатели регионов и заболеваемость населения инфарктом миокарда. Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2020;28(4):568-75

#### References:

1. Vorob'ev A. A., Nepogozhev A. V. Analysis of changes in the labor potential of the Volga Federal District regions between 2005 and 2016. Vestnik Akademii Znaniy. 2018;29(6): 275-79 (in Russian).
2. Ustavshchikova S. V. The concept of demographic policy-2025 and the demographic situation in the Volga Federal District. Izvestiya Saratovskogo Universiteta. Novye serii. Seriya: Nauki o Zemle. 2016; 16(1): 14-8 (in Russian).
3. Petrov A.M., Kachkova O.E., Shnaider V. V. Analysis of the medical and demographic situation in the Russian Federation between 2005 and 2019 in the context of the population aging. Vestnik SamGUPS. 2020; 2 (48): 33-8 (in Russian).
4. Valiakhmetov R. Demographic potential of the Bashkir people. Vatandash.2019; (3):196-202 (in Russian).

5. Demographic processes in the Republic of Bashkortostan: statistical collection. Ufa: Bashkortostanstat, 2019: 131 (in Russian).
6. Birth rates, mortality rates, natural growth rates, marriages, divorces. Federal State Statistics Service [Electronic resource]. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/12781> (in Russian).
7. Khanova I., Gilmutdinova R., Dubinina E. Demographic situation in the Republic of Bashkortostan: challenges and threats. *Economica i Upravleniye*. 2021;1(157): 144-7 (in Russian).
8. Valeeva E.T., Gimranova G.G., Shaikhislamova E.R. Production and non-production risk factors for the development of diseases of the circulatory system in oil industry workers. *Zdorov'ye naseleniya i sreda obitaniya*. 2021; 3(336): 4-8 (in Russian).
9. Izmerov N.F. Modern problems of occupational medicine in Russia. *Medsitsina truda i zdorov'ye cheloveka*. 2015; (2): 5-12 (in Russian).
10. Safiullin L.N., Mingazova A.F. The influence of the health status of the working age population of the country on the effectiveness of innovative development of the Russian economy. *Kazanskiy Ekonomicheskoy Vestnik*. 2019; 1(39): 71-7(in Russian).
11. Aleksandrova G.A., Polikarpov A.V., Golubev N.A., Oskov Yu.I., Kadulina N.A., Belyaeva I.M. et al. Morbidity of the adult population of Russia in 2015. *Statisticheskie materialy. Chast III*. M.: Departament Monitoringa, Analiza and Strategicheskogo Razvitiya Zdravookhraneniya Ministerstva Zdravookhraneniya Rossiiskoy Federatsii, FGBU "Tsentralny Nauchno-Issledovatel'skiy Institut Organizatsii i Informatizatsii Zdravookhraneniya" Ministerstva Zdravookhraneniya Rossii. 2016:159
12. Aleksandrova G.A., Polikarpov A.V., Golubev N.A., Oskov Ju.I., Kadulina N.A., Belyaeva I.M., et al. The general morbidity of the adult population of Russia in 2015. *Statisticheskie materialy. Chast IV*. M.: Departament Monitoringa, Analiza and Strategicheskogo Razvitiya Zdravookhraneniya Ministerstva Zdravookhraneniya Rossiiskoy Federatsii, FGBU "Tsentralny Nauchno-Issledovatel'skiy Institut Organizatsii i Informatizatsii Zdravookhraneniya" Ministerstva Zdravookhraneniya Rossii. 2016: 159 (in Russian).
13. Polikarpov A.V., Aleksandrova G.A., Golubev N.A., Tjurina E.M., Os'kov Ju.I., Shelepova E.A. et al. Morbidity of the adult population of Russia in 2017. *Statisticheskie materialy. Chast III*. M.: Departament Monitoringa, Analiza and Strategicheskogo Razvitiya Zdravookhraneniya Ministerstva Zdravookhraneniya Rossiiskoy Federatsii, FGBU "Tsentralny Nauchno-Issledovatel'skiy Institut Organizatsii i Informatizatsii Zdravookhraneniya" Ministerstva Zdravookhraneniya Rossii. 2018: 160(in Russian).
14. Polikarpov A.V., Aleksandrova G.A., Golubev N.A., Tjurina E.M., Os'kov Ju.I., Shelepova E.A. et al. The general morbidity of the adult population of Russia in 2017. *Statisticheskie materialy. Chast IV*. M.: Departament Monitoringa, Analiza and Strategicheskogo Razvitiya Zdravookhraneniya Ministerstva Zdravookhraneniya Rossiiskoy Federatsii, FGBU "Tsentralny Nauchno-Issledovatel'skiy Institut Organizatsii i Informatizatsii Zdravookhraneniya" Ministerstva Zdravookhraneniya Rossii. 2018: 160(in Russian).
15. Aleksandrova G.A., Golubev N.A., Tjurina E.M., Os'kov Ju.I., Shelepova E.A., Polikarpov A.V. et al. Morbidity of the adult population of Russia in 2019 with a diagnosis established for the first

- time in life. Statisticheskie materialy. Chast III. M.: Departament Monitoringa, Analiza and Strategicheskogo Razvitiya Zdravookhraneniya Ministerstva Zdravookhraneniya Rossiiskoy Federatsii, FGBU "Tsentralny Nauchno-Issledovatel'skiy Institut Organizatsii i Informatizatsii Zdravookhraneniya" Ministerstva Zdravookhraneniya Rossii. 2020: 160(in Russian).
16. Aleksandrova G.A., Golubev N.A., Tyurina E.M., Oskov Yu.I., Shelepova E.A., Polikarpov A.V. et al. The total morbidity of the adult population of Russia in 2019. Statisticheskie materialy. Chast III. M.: Departament Monitoringa, Analiza and Strategicheskogo Razvitiya Zdravookhraneniya Ministerstva Zdravookhraneniya Rossiiskoy Federatsii, FGBU "Tsentralny Nauchno-Issledovatel'skiy Institut Organizatsii i Informatizatsii Zdravookhraneniya" Ministerstva Zdravookhraneniya Rossii. 2020: 160(in Russian).
  17. Kotova E.G., Kobjakova O.S., Starodubov V.I., Aleksandrova G.A., Golubev N.A., Polikarpov A.V. et al. Morbidity of the adult population of Russia in 2020 with a diagnosis established for the first time in life: statisticheskie materialy. Moskva:TSNIIOIZ Ministerstva Zdravookhraneniya Rossii. 2021:164(in Russian).
  18. Kotova E.G., Kobjakova O.S., Starodubov V.I., Aleksandrova G.A., Golubev N.A., Polikarpov A.V. et al. The general morbidity of the adult population of Russia in 2020: statisticheskie materialy. Moskva: TSNIIOIZ Ministerstva Zdravookhraneniya Rossii. 2021:163(in Russian).
  19. Aleksandrova G.A., Polikarpov A.V., Golubev N.A., Os'kovJu.I., Kadulina N.A., Beljaeva I.M. et al. Morbidity of the population over the working age (from 55 years for women and from 60 years for men) in Russia in 2015. Statisticheskie materialy. Chast VII. M.: Departament Monitoringa, Analiza and Strategicheskogo Razvitiya Zdravookhraneniya Ministerstva Zdravookhraneniya Rossiiskoy Federatsii, FGBU "Tsentralny Nauchno-Issledovatel'skiy Institut Organizatsii i Informatizatsii Zdravookhraneniya" Ministerstva Zdravookhraneniya Rossii. 2016:184(in Russian).
  20. Aleksandrova G.A., Polikarpov A.V., Golubev N.A., Os'kovJu.I., Kadulina N.A., Beljaeva I.M. et al. The general morbidity of the population over the working age (from 55 years for women and from 60 years for men) in Russia in 2015. Statisticheskie materialy. Chast VIII. M.: Departament Monitoringa, Analiza and Strategicheskogo Razvitiya Zdravookhraneniya Ministerstva Zdravookhraneniya Rossiiskoy Federatsii, FGBU "Tsentralny Nauchno-Issledovatel'skiy Institut Organizatsii i Informatizatsii Zdravookhraneniya" Ministerstva Zdravookhraneniya Rossii. 2016: 196(in Russian).
  21. Polikarpov A.V., Aleksandrova G.A., Golubev N.A., Tjurina E.M., Os'kovJu.I., Shelepova E.A. et al. Morbidity of the population over the working age (from 55 years for women and from 60 years for men) in Russia in 2017. Statisticheskie materialy. Chast VIII. M.: Departament Monitoringa, Analiza and Strategicheskogo Razvitiya Zdravookhraneniya Ministerstva Zdravookhraneniya Rossiiskoy Federatsii, FGBU "Tsentralny Nauchno-Issledovatel'skiy Institut Organizatsii i Informatizatsii Zdravookhraneniya" Ministerstva Zdravookhraneniya Rossii. 2018:183(in Russian).
  22. Polikarpov A.V., Aleksandrova G.A., Golubev N.A., Tjurina E.M., Oskov Yu.I., Shelepova E.A. et al. The general morbidity of the population over the working age (from 55 years for women and from 60 years for men) in Russia in 2017. Statisticheskie materialy. Chast VIII. M.:

- Departament Monitoringa, Analiza and Strategicheskogo Razvitiya Zdravookhraneniya Ministerstva Zdravookhraneniya Rossiiskoy Federatsii, FGBU "Tsentralny Nauchno-Issledovatel'skiy Institut Organizatsii i Informatizatsii Zdravookhraneniya" Ministerstva Zdravookhraneniya Rossii. 2018: 195(in Russian).
23. Aleksandrova G.A., Golubev N.A., Tjurina E.M., Os'kovJu.I., Shelepova E.A., Polikarpov A.V. et al. Morbidity of the population over the working age (from 55 years for women and from 60 years for men) in Russia in 2019 with a diagnosis established for the first time in life. Statisticheskie materialy. Chast VII. M.: Departament Monitoringa, Analiza i Strategicheskogo Razvitiya Zdravookhraneniya Ministerstva Zdravookhraneniya Rossiiskoy Federatsii, FGBU "Tsentralny Nauchno-Issledovatel'skiy Institut Organizatsii i Informatizatsii Zdravookhraneniya" Ministerstva Zdravookhraneniya Rossii. 2020: 183(in Russian).
  24. Aleksandrova G.A., Golubev N.A., Tjurina E.M., Os'kovJu.I., Shelepova E.A., Polikarpov A.V. et al. The general morbidity of the population over the working age (from 55 years for women and from 60 years for men) in Russia in 2019. Statisticheskie materialy. Chast VIII. M.: Departament Monitoringa, Analiza and Strategicheskogo Razvitiya Zdravookhraneniya Ministerstva Zdravookhraneniya Rossiiskoy Federatsii, FGBU "Tsentralny Nauchno-Issledovatel'skiy Institut Organizatsii i Informatizatsii Zdravookhraneniya" Ministerstva Zdravookhraneniya Rossii. 2020: 195(in Russian).
  25. Kotova E.G., Kobyakova O.S., Starodubov V.I., Aleksandrova G.A., Golubev N.A., Polikarpov A.V. et al. Morbidity of the population over the working age in Russia in 2020 with a diagnosis established for the first time in life: statisticheskie materialy. Moskva: TSNIIOIZ Ministerstva Zdravookhraneniya Rossii. 2021:184(in Russian).
  26. Kotova E.G., Kobjakova O.S., Starodubov V.I., Aleksandrova G.A., Golubev N.A., Polikarpov A.V. et al. The general morbidity of the population over the working age in Russia in 2020: statisticheskie materialy. Moskva: TSNIIOIZ Ministerstva zdravookhraneniya Rossii. 2021: 196 (in Russian).
  27. Peden D.B. The epidemiology and genetics of asthma risk associated with air pollution. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*. 2005;115(2):213–219. DOI: 10.1016/j.jaci.2004.12.003
  28. Risk of concentrations of major air pollutants on the prevalence of cardiovascular and respiratory diseases in urbanized area of Kuala Lumpur, Malaysia / M.A.B.A. Tajudin, F. Khanb, W.R.W. Mahiyuddin, R. Hodd, M.T. Latif, A.H. Hamid, S.A. Rahman, M. Sahani. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2019; 171: 290–300. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2018.12.057
  29. Shastin A.S., Malykh O.L., Gazimova V.G., Tsepilova T.M., Ustyugova T.S. Morbidity of the able-bodied population of the Russian Federation in 2015-2019. *Gigiena i sanitariya*. 2021;100 (12):1487-93(in Russian).
  30. Masyuk N.N., Usacheva E.N., Kulikova O.M. Socio-economic indicators of regions and morbidity of the population with myocardial infarction. *Problemy sotsialnoy gigieny, zdravookhraneniya i istorii meditsiny*. 2020;28(4):568-75(in Russian).

Поступила/Received: 09.03.2022

Принята в печать/Accepted: 02.06.2022

УДК 613.96

## ВЗАИМОСВЯЗЬ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ И ФИЗИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ СТУДЕНЧЕСКОЙ МОЛОДЕЖИ

Хусаинов А.Э.<sup>1</sup>, Зулькарнаев Т.Р.<sup>1</sup>, Поварго Е.А.<sup>1</sup>, Мочалкин П.А.<sup>1,2</sup>, Агафонов А.И.<sup>1</sup>,  
Залалова А.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России,  
Уфа, Россия

<sup>2</sup> ГБУЗ «Республиканский центр дезинфекции», Уфа, Россия

*Качество жизни является показателем удовлетворенности людей своей жизнью. Студенты отличаются от других групп населения, так как обладают более актуальными знаниями и навыками, ускоренным процессом адаптации к развитию общества. Неотъемлемой частью учебы в вузе является крепкое здоровье студентов.*

**Цель:** изучить влияние физической активности на качество жизни молодых людей.

**Материалы и методы:** было обследовано 672 студента медицинского вуза. По международному опроснику IPAQ студенты были разделены на группы: с высокой, средней и низкой физической активностью. Для оценки качества жизни использовался опросник SF-36.

**Результаты.** По результатам проведенного исследования было установлено, что у студентов с высокой физической активностью жизненная активность, физическое и социальное функционирование оказались выше, чем у студентов с низкой физической активностью. Более низкие баллы по шкале интенсивности боли наблюдались у студентов с высокой физической активностью, а общее состояние здоровья было ниже у студентов с низкой физической активностью. У студентов с высокой физической активностью ролевое эмоциональное функционирование было выше, чем у студентов с низкой и средней физической активностью. Обнаружены корреляционные связи между показателями качества жизни и уровнем физической активности студентов.

**Ключевые слова:** студенты, физическая активность, качество жизни, физический и психологический компонент здоровья, жизненная активность, физическое и социальное функционирование, опросник IPAQ, опросник SF-36.

**Для цитирования:** Хусаинов А.Э., Зулькарнаев Т.Р., Поварго Е.А., Мочалкин П.А., Агафонов А.И., Залалова А.А. Взаимосвязь качества жизни и физической активности студенческой молодежи. Медицина труда и экология человека. 2022;2:166-176.

**Для корреспонденции:** Хусаинов Артур Эдуардович, аспирант кафедры гигиены с курсом медико-профилактического дела ИДПО ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России, Уфа, Россия. e-mail: arhtur.khusainov.1994@gmail.com

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

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

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2022-10212>

## INTERRELATION OF QUALITY OF LIFE AND PHYSICAL ACTIVITY OF STUDENTS

Khusainov A.E.<sup>1</sup>, Zulkarnaev T.R.<sup>1</sup>, Povargo E.A.<sup>1</sup>, Mochalkin P.A.<sup>1,2</sup>, Agafonov A.I.<sup>1</sup>, Zalalova A.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Bashkirian State Medical University, Ufa, Russia

<sup>2</sup>Republican Disinfection Center, Ufa, Russia

**Introduction.** *The quality of life is an integral characteristic of a person's satisfaction with his life. Students as a social group differ from other groups of the population, have more relevant knowledge and skills, an accelerated process of adaptation to the development of society. Good health of students is an integral part of studying at university.*

*The purpose of the work is to study the impact of physical activity on the quality of life of young people.*

**Material and methods.** *A total of 672 medical university students were examined. According to the IPAQ international questionnaire. All students were divided into 3 groups: with high, moderate and low physical activity. The SF-36 questionnaire was used to assess the quality of life.*

**Results.** *It has been shown that indicators such as physical functioning, vital activity, social functioning were higher among students with high physical activity than in those with low physical activity. Lower scores on the pain intensity scale were observed in students with a high level of physical activity compared to students with a low and moderate level. The indicator of general health was lower in students with low physical activity than in students with high and moderate physical activity. Role functioning, determined by the emotional state, was higher in students with high physical activity than in students with low and moderate physical activity. Correlations between the indicators of quality of life and the level of physical activity of students were found.*

**Keywords:** *students; physical activity; quality of life; physical and psychological component of health, vital activity, physical and social functioning, IPAQ questionnaire, SF-36 questionnaire.*

**Citation:** *Khusainov A.E., Zulkarnaev T.R., Povargo E.A., Mochalkin P.A., Agafonov A.I., Zalalova A.A. Interrelation of quality of life and physical activity of students. Occupational health and human ecology. 2022;2:166-176.*

**Correspondence:** *Artur E. Khusainov, post-graduate student of Hygiene with the course of preventive medicine, Bashkirian State Medical University, Ufa, Russia, e-mail: arthtur.khusainov.1994@gmail.com*

**Financing.** *The study had no financial support.*

**Conflict of interest.** *The authors declare no conflict of interest.*

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2022-10212>

Одним из важных направлений современной медицины является изучение связанного со здоровьем качества жизни различных групп населения [1-7].

В наши дни большое внимание уделяется изучению качества жизни студентов [8], занимающихся непосредственно интеллектуальным трудом. По данным литературных источников, качество жизни рассматривается как субъективная оценка человеком собственного благополучия и включает эмоциональные, социальные и физические аспекты его жизни [9-11].

Учебная деятельность студентов характеризуется высоким уровнем умственной и психоэмоциональной нагрузки, требует решения большого количества разнонаправленных задач в короткие сроки, что при низкой двигательной активности приводит к снижению работоспособности и ухудшению здоровья [12, 13]. Современные руководящие принципы Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) рекомендуют заниматься регулярной физической активностью, независимо от возраста и способностей, для обеспечения адекватного физического развития и сохранения физического и психического здоровья на протяжении всей жизни [14]. Реальная двигательная активность студентов вузов значительно ниже средних значений, рекомендуемых некоторыми авторами как оптимальные (10 000-15 000 шагов/день) [15, 16].

**Цель работы** – изучить влияние физической активности на качество жизни молодых людей для предотвращения негативных последствий в плане сохранения здоровья и улучшения ситуации в будущем.

**Материалы и методы.** Было проведено исследование на базе Башкирского государственного медуниверситета, в котором приняли участие 672 студента (206 юношей и 466 девушек).

Критерии включения: юноши и девушки в возрасте от 18 до 25 лет; «стаж» обучения в организации высшего образования не менее 1 года; наличие информированного согласия студента на проведение исследования. Критериями исключения считались студенты с выраженным дефицитом массы тела и ожирением 2-3 степени; отказ от участия в исследовании.

В работе применяли опросник IPAQ с расчетом метаболического эквивалента (MET) - показателя, характеризующего энергозатраты на физическую активность. Для определения физической активности студентов использовали следующие уровни (категории) в соответствии с показателями MET:

1) категория 1 - низкая. Характеризует низкий уровень физической активности, который имеют люди, не соответствующие критериям двух следующих категорий и считающиеся малоподвижными и/или неактивными;

2) категория 2 - средняя. К категории относятся люди, соответствующие любому из следующих 3 критериев:

- активность высокой интенсивности 3 и более дней в неделю не менее 20 минут в день;

- активность средней интенсивности 5 и более дней в неделю или ходьба не менее 30 минут в день;

- нагрузки любой комбинации интенсивности 5 и более дней в неделю с достижением не менее 600 MET-минут в неделю;

3) категория 3 – высокая. К категории относятся люди, соответствующие любому из следующих 2 критериев:

- активность высокой интенсивности не менее 3 дней в неделю с достижением не менее 1500 MET-минут в неделю;

- нагрузки любой комбинации интенсивности 7 дней в неделю с достижением не менее 3000 MET-минут в неделю [17].

В соответствии с данными категориями все обследованные студенты были разделены на 3 группы: первая группа - студенты с высоким уровнем физической активности - 26,93% от всего контингента наблюдаемых, вторая - со средним уровнем - 38,84% обследованных, третья – с низким - 34,23%.

Качество жизни студентов изучали при помощи опросника SF-36, состоящего из 36 пунктов, сгруппированных в 8 шкал [18]. Из них 4 шкалы характеризуют физический компонент здоровья (PH): физическое функционирование (PF); ролевое физическое функционирование (RP); интенсивность боли (BP); общее состояние здоровья (GH). Другие 4 шкалы характеризуют показатель психологического компонента здоровья (MH<sup>1</sup>): жизненная активность (VT); социальное функционирование (SF); ролевое эмоциональное функционирование (RE); психическое здоровье (MH). Оценка по каждой шкале варьирует от 0 до 100 баллов. Более высокие значения шкал свидетельствуют о более высоком уровне качества жизни.

Статистическая обработка полученных результатов производилась с использованием программы Statistica версии 10.0. Расчеты осуществляли с помощью программы Microsoft Office Excel. Для выявления статистических различий применяли критерий Стьюдента для независимых выборок. Для определения силы и направления взаимосвязи между переменными вычисляли коэффициент корреляции Пирсона. В качестве критического уровня значимости использовали  $p < 0,05$ .

**Результаты.** В результате проведенных исследований были получены следующие данные по изучаемым показателям, которые представлены в виде таблиц. Показатель по шкале физического функционирования был выше у студентов с высокой физической активностью, чем с низкой ( $94,26 \pm 1,73$  и  $88,84 \pm 2,08$  балла,  $p < 0,05$ ), что свидетельствует об устойчивости студентов этой группы к физическим нагрузкам и их хорошей физической форме. Аналогичная картина по этой шкале наблюдалась в женской подгруппе ( $95,93 \pm 1,93$  балла – у девушек с высоким уровнем физической активности и  $88,95 \pm 2,39$  балла – у девушек с низким уровнем,  $p < 0,05$ ). Но у студентов с высоким уровнем физической активности интенсивность боли оказалась статистически значимо ниже, чем у студентов с низкой и средней физической активностью ( $65,13 \pm 3,54$  балла по сравнению с  $76,32 \pm 2,63$  и  $75,74 \pm 2,83$  балла,  $p < 0,05$ ). Низкие баллы по этой шкале указывают на то, что утомление может ограничивать активность студентов с высоким уровнем физической активности. Более низкое общее состояние здоровья наблюдалось у студентов с низким уровнем физической активности, чем у студентов с высоким и средним уровнем ( $65,79 \pm 3,13$  балла по сравнению с  $78,81 \pm 3,04$  балла ( $p < 0,01$ ) и  $75,09 \pm 2,68$  балла ( $p < 0,05$ )). В женской подгруппе общее состояние здоровья оказалось достоверно выше у студенток с высокой физической активностью по сравнению с девушками с низкой физической активностью ( $79,30 \pm 3,95$  и  $66,08 \pm 3,61$  балла соответственно,  $p < 0,05$ ). Низкие баллы по этой шкале говорят о том, что студенты с низкой физической активностью хуже оценивают свое общее состояние здоровья (табл. 1).

Таблица 1

Средние показатели физического компонента качества жизни студентов с разной физической активностью, в баллах

Table 1

Average indicators of the physical component of quality of life of students with different physical activity, in points

Показатели	Пол	Уровень физической активности			Статистическая значимость
		высокий (1)	средний (2)	низкий (3)	
Физическое функционирование	всего	96,26±1,73	91,50±1,53	88,84±2,08	$p_{1-3}<0,05$
	девушки	96,93±1,93	92,67±1,77	88,95±2,39	$p_{1-3}<0,05$
	юноши	92,59±3,00	92,88±3,03	88,50±4,19	
Ролевое физическое функционирование	всего	71,30±3,36	72,93±2,75	71,24±2,98	
	девушки	73,15±4,33	73,19±3,22	71,62±3,44	
	юноши	69,44±5,28	71,97±5,29	70,00±6,02	
Интенсивность боли	всего	65,13±3,54	76,32±2,63	75,74±2,83	$p_{1-3}<0,05$ $p_{1-2}<0,05$
	девушки	69,48±4,49	76,54±3,08	76,38±3,24	
	юноши	60,78±5,60	75,48±5,07	73,63±5,79	
Общее состояние здоровья	всего	78,81±3,04	75,09±2,68	65,79±3,13	$p_{1-3}<0,01$ $p_{2-3}<0,05$
	девушки	79,30±3,95	74,24±3,18	66,08±3,61	$p_{1-3}<0,05$
	юноши	78,33±4,73	78,27±4,86	64,85±6,27	
Физический компонент здоровья	всего	52,46±3,71	53,40±3,09	51,47±3,30	
	девушки	53,53±4,87	53,36±3,63	51,73±3,81	
	юноши	51,39±5,73	53,56±5,88	50,63±6,56	

При рассмотрении психологического компонента качества жизни было обнаружено, что у студентов с высокой физической активностью по шкале жизненной активности были более высокие баллы, чем у студентов с низким уровнем физической активности (67,41±3,48 по сравнению с 53,93±3,29 балла,  $p<0,01$ ). У юношей с низкой физической активностью результаты по шкале жизненной активности оказались ниже, чем у юношей с высокой и средней физической активностью (55,00±6,53 балла по сравнению с 71,67±5,17 и 71,21±5,34 балла,  $p<0,05$ ). Это свидетельствует об утомлении студентов с низкой физической активностью, снижении их жизненной активности. По шкале социального функционирования наибольшее количество баллов регистрировалось у студентов с высоким уровнем физической активности, чем у студентов с низким уровнем (84,59±2,68 по сравнению с 74,10±2,89 балла,  $p<0,01$ ). Особенно характерно это для юношей: 85,70±4,02 балла в группе с высокой физической активностью и 70,95±5,96 балла в группе с низкой ( $p<0,05$ ).

Низкие баллы по шкале социального функционирования у студентов с низким уровнем физической активности указывают на уменьшение общения, связанное с ухудшением физического и

эмоционального состояния. У студентов с физической активностью высокой интенсивности показатель по шкале ролевого эмоционального функционирования был выше, чем у студентов с низкой ( $75,37 \pm 3,20$  по сравнению с  $52,17 \pm 3,29$  балла,  $p < 0,001$ ) и средней ( $75,37 \pm 3,20$  по сравнению с  $62,83 \pm 2,99$  балла,  $p < 0,01$ ) физической активностью. При этом у юношей более высокие показатели по этой шкале наблюдались в группе с высокой физической активностью, чем в группе с низкой ( $81,52 \pm 4,45$  и  $59,93 \pm 6,43$  балла соответственно,  $p < 0,01$ ). А у девушек с низким уровнем физической активности ролевое эмоциональное функционирование значительно ниже, чем у студенток с высокой и средней физической активностью ( $49,83 \pm 3,81$  балла по сравнению с  $69,22 \pm 4,50$  ( $p < 0,01$ ) и  $60,74 \pm 3,55$  балла ( $p < 0,05$ )). Это может свидетельствовать о большей стрессоустойчивости студентов с высоким уровнем физической активности к психоэмоциональному напряжению (табл. 2).

Таблица 2

**Средние показатели психологического компонента качества жизни студентов с разной физической активностью, в баллах**

Table 2

**Average indicators of the psychological component of the quality of life of students with different physical activity, in points**

Показатели	Пол	Уровень физической активности			Статистическая значимость
		высокий (1)	средний (2)	низкий (3)	
Жизненная активность	всего	$67,41 \pm 3,48$	$59,97 \pm 3,03$	$53,93 \pm 3,29$	$p_{1-3} < 0,01$
	девушки	$63,15 \pm 4,71$	$56,98 \pm 3,60$	$53,61 \pm 3,80$	
	юноши	$71,67 \pm 5,17$	$71,21 \pm 5,34$	$55,00 \pm 6,53$	$p_{1-3} < 0,05$ $p_{2-3} < 0,05$
Социальное функционирование	всего	$84,59 \pm 2,68$	$78,52 \pm 2,54$	$74,10 \pm 2,89$	$p_{1-3} < 0,01$
	девушки	$83,48 \pm 3,62$	$77,95 \pm 3,02$	$75,05 \pm 3,30$	
	юноши	$85,70 \pm 4,02$	$80,67 \pm 4,65$	$70,95 \pm 5,96$	$p_{1-3} < 0,05$
Ролевое эмоциональное функционирование	всего	$75,37 \pm 3,20$	$62,83 \pm 2,99$	$52,17 \pm 3,29$	$p_{1-3} < 0,001$ $p_{2-3} < 0,05$ $p_{1-2} < 0,01$
	девушки	$69,22 \pm 4,50$	$60,74 \pm 3,55$	$49,83 \pm 3,81$	$p_{1-3} < 0,01$ $p_{2-3} < 0,05$
	юноши	$81,52 \pm 4,45$	$70,70 \pm 5,36$	$59,93 \pm 6,43$	$p_{1-3} < 0,01$
Психическое здоровье	всего	$70,59 \pm 3,39$	$65,22 \pm 2,95$	$61,34 \pm 3,21$	
	девушки	$66,22 \pm 4,62$	$63,29 \pm 3,51$	$60,48 \pm 3,73$	
	юноши	$74,96 \pm 4,97$	$72,48 \pm 5,26$	$64,20 \pm 6,29$	
Психологический компонент здоровья	всего	$49,40 \pm 3,72$	$45,10 \pm 3,08$	$41,78 \pm 3,25$	
	девушки	$46,98 \pm 4,87$	$43,98 \pm 3,61$	$41,38 \pm 3,76$	
	юноши	$51,82 \pm 5,73$	$49,31 \pm 5,89$	$43,12 \pm 6,50$	

Проведенный корреляционный анализ качества жизни с физической активностью студентов выявил слабую прямую корреляционную связь по показателям жизненной активности, общего состояния здоровья, ролевого эмоционального функционирования и

психологического компонента здоровья ( $p < 0,001$ ). Аналогичная картина была выявлена у девушек, отличалась только статистическая значимость корреляционной связи по шкале социального функционирования и психического здоровья ( $p < 0,05$ ). У юношей также была выявлена слабая прямая корреляция по шкале общего состояния здоровья, жизненной активности и социального функционирования ( $p < 0,01$ ) (табл. 3).

Таблица 3

## Корреляционный анализ качества жизни студентов с физической активностью

Table 3

## Correlation quality of life of students with physical activity

Показатели	всего	девушки	юноши
Физическое функционирование	0,07	0,10	0,08
Ролевое физическое функционирование	-0,03	0,01	-0,07
Интенсивность боли	-0,09	-0,08	-0,11
Общее состояние здоровья	0,24***	0,24***	0,26**
Физический компонент здоровья	0,03	0,09	-0,08
Жизненная активность	0,26***	0,23***	0,27**
Социальное функционирование	0,17**	0,15*	0,23**
Ролевое эмоциональное функционирование	0,21***	0,25***	0,10
Психическое здоровье	0,14**	0,13*	0,09
Психологический компонент здоровья	0,23***	0,24***	0,18

Примечание: Статистическая значимость: \* -  $p < 0,05$ ; \*\* -  $p < 0,01$ ; \*\*\* -  $p < 0,001$

Note: Statistical significance: \* -  $p < 0,05$ ; \*\* -  $p < 0,01$ ; \*\*\* -  $p < 0,001$

**Обсуждение.** Анализ современной научной литературы свидетельствует о наличии лишь небольшого количества исследований влияния физической активности на показатели качества жизни студентов.

Так, по данным исследований Латышевской Н.И. и соавторов, у студентов с низким уровнем физической активности многие показатели качества жизни ниже, чем у студентов с высокой и средней физической активностью ( $p < 0,05$ ) [19]. В публикации Колокольцева М.М. и соавторов отмечены более высокие показатели общего и психического здоровья у студентов с физической активностью высокой и средней интенсивности [20]. Однако в работе Давлетовой Н.Х. были обнаружены противоположные результаты: баллы по показателю психологического компонента здоровья оказались статистически значимо выше у студентов с низкой физической активностью ( $p < 0,001$ ) [21].

По мнению ряда авторов, для улучшения качества жизни студентам необходимо выполнять различные физические упражнения и оздоровительные мероприятия. В исследовании Ильницкой Т.А. и соавторов определили, что занятия по физической культуре могут значительно улучшить качество жизни студентов, отнесенных к специальной группе, помочь достигнуть хороших результатов в их физическом развитии [22]. По мнению Лейфы А.В., благодаря физической активности формируется мощная мотивация к сохранению и

укреплению здоровья, улучшению физической и умственной работоспособности и физической подготовленности [23].

В статье Кузнецовой И.Б. говорится, что при выполнении регулярных физических упражнений уменьшается напряжение и беспокойство, что способствует здоровому сну, улучшает психическое здоровье, работу иммунной системы и самочувствие в целом [24].

**Заключение.** По результатам опросника SF-36 установлены статистически значимые различия качества жизни студентов с высокой, средней и низкой физической активностью. Высокий уровень физической активности оказывает положительное влияние на качество жизни студенческой молодежи: у студентов с высокой физической активностью отмечены более высокие баллы по таким шкалам: общее состояние здоровья, жизненная активность, физическое, социальное и ролевое эмоциональное функционирование. Низкие баллы у студентов этой группы наблюдались только по интенсивности боли. Были выявлены слабые прямые корреляционные связи качества жизни и физической активности студентов.

#### Список литературы:

1. Попов В.И., Мелихова Е.П. Изучение и методология исследования качества жизни студентов. *Гигиена и санитария*. 2016; 9(95): 879-884.
2. Antunes Barros R, Silva Menezes M, Lins L. Quality of life of medical students in Brazil. A comparative study. *Rev Med Chil*. 2019; 147(1): 107-113. DOI: 10.4067/S0034-98872019000100107
3. Fauntroy V, Nolton E.C., Ambegaonkar J.P. Health-related quality of life (HRQOL) measures used in dance: a systematic review. *Int J Sports Phys Ther*. 2020; 15(3): 333-342.
4. Kuczynski A.M., Kanter J.W., Robinaugh D.J. Differential associations between interpersonal variables and quality-of-life in a sample of college students. *Qual Life Res*. 2020; 29(1): 127-139. DOI: 10.1007/s11136-019-02298-3
5. Núñez-Rocha, Georgina Mayela et al. Lifestyle, Quality of Life, and Health Promotion Needs in Mexican University Students: Important Differences by Sex and Academic Discipline. *International journal of environmental research and public health*. 2020; 17: 8024. DOI: 10.3390/ijerph17218024
6. Qiu Y, Yao M, Guo Y, Zhang X, Zhang S, Zhang Y, Huang Y, Zhang L. Health-Related Quality of Life of Medical Students in a Chinese University: A Cross-Sectional Study. *Int J Environ Res Public Health*. 2019; 16(24): 5165. DOI: 10.3390/ijerph16245165
7. Solis AC, Lotufo-Neto F. Predictors of quality of life in Brazilian medical students: a systematic review and meta-analysis. *Braz J Psychiatry*. 2019; 41(6): 556-567. DOI: 10.1590/1516-4446-2018-0116
8. Пискун О.Е., Чистяков В.А. Проблемы психологической адаптации студентов младших курсов технических вузов средствами физической культуры. *Теория и практика физической культуры*. 2016; 11: 38–39.
9. Горбунов В.И., Возженникова Г.В., Исаева И.Н., Верушкина А.С. Оценка показателей качества жизни студентов медицинского вуза. *Ульяновский медико-биологический журнал*. 2012;1: 46-49.

10. Ионова Т.И., Шевцова О.Г. Качество жизни и здоровьесберегающие факторы образа жизни студентов медицинского вуза. *Медицина и организация здравоохранения*. 2016; 1: 21-27.
11. Соколова Н.В., Попов В.И., Алферова С.И., Артюхова И.Г., Кварацхелия А.Г. Комплексный подход к гигиенической оценке качества жизни студенческой молодежи. *Acta Biomedica Scientifica*. 2013; 3-2(91): 130-134.
12. Макеева В.С., Широкова Е.А., Щеголева М.А. Возможности применения технологий фитнеса в программе обеспечения субъективного благополучия студентов вуза. *Мир науки, культуры, образования*. 2019; 1(74): 318–321.
13. Сбитнева О.А. Воздействие учебного процесса на организм студентов. *Universum: психология и образование: электронный научный журнал*. 2017. 1 (43). Доступно по: <https://7universum.com/ru/psy/archive/item/5432> Ссылка активна на 26.02.2022.
14. Айвазова Е.С., Дорофеева Е.Н., Тербулатов А.Э. Цифровизация образования в вузе. *Наука и образование: векторы развития*. 2021: 45 с.
15. Крюкова О.Н., Короткова С.Б., Завершинская И.И. Оценка уровня двигательного режима у студенток медицинского вуза. *Центральный научный вестник*. 2018; № 20(61): 49–50.
16. Шутова Т.Н., Бунина П.С., Грачева Д.В. Шагометрия и пульсометрия в анализе двигательной активности студентов. *Физическая культура, спорт, туризм: научно-методическое сопровождение: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием*. Пермь: ИздательствоПГГПУ; 2018: 196–201.
17. International Physical Activity Questionnaire (IPAQ). Available at: <http://www.ipaq.ki.se> Accessed 18.10.2021.
18. Ware J.E., Snow K.K., Kosinski M., Gandek B. SF-36 Health Survey. Manual and interpretation guide. The Health Institute, New England Medical Center. Boston, Mass. 1993.
19. Латышевская Н.И., Левченко Н.В., Канищева Е.В., Яхонтова Е.В. Факторы, влияющие на качество жизни студенческой молодежи. *Прикаспийский вестник медицины и фармации*. 2021; 2(3): 16–20.
20. Колокольцев М.М., Ермаков С.С., Третьякова Н.В., Крайник В.Л., Романова Е.В. Физическая активность как фактор повышения качества жизни студентов. *Образование и наука*. 2020; 22(5): 150–168. DOI: 10.17853/1994-5639-2020-5-150-168
21. Давлетова Н.Х., Тафеева Е.А., Мавлиев Ф.А. Оценка качества жизни студентов спортивного вуза. *Медицина труда и экология человека*. 2021; 4(28): 279-296. DOI:10.24412/2411-3794-2021-10418
22. Ильницкая Т.А., Сень С.В., Ковалева Т.В., Кузнецова З.В. Комплекс оздоровительных мероприятий, направленных на улучшение качества жизни студентов, отнесенных к специальной медицинской группе. *Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта*. 2021; 4(194): 165-169.
23. Лейфа А.В. Физическая активность и качество жизни субъектов образовательного процесса в вузе: структурные компоненты и их оценка. *Вестник Томского государственного университета*. 2018; 429: 196-202.

24. Кузнецова И.Б., Никогосова В.В. Влияние современного образа жизни на физическое и психическое здоровье студентов. *Sciences of Europe*. 2022; 86-2: 69-71. DOI: 10.24412/3162-2364-2022-86-2-69-71

**References:**

1. Popov V.I., Melihova E.P. The study and methodology of the study of the quality of life of students. *Gigiena i sanitarija [Hygiene and sanitation]*. 2016; 9(95): 879-884. (in Russian)
2. Antunes Barros R, Silva Menezes M, Lins L. Quality of life of medical students in Brazil. A comparative study. *Rev Med Chil*. 2019; 147(1): 107-113. DOI: 10.4067/S0034-98872019000100107
3. Fauntroy V, Nolton E.C., Ambegaonkar J.P. Health-related quality of life (HRQOL) measures used in dance: a systematic review. *Int J Sports Phys Ther*. 2020; 15(3): 333-342.
4. Kuczynski A.M., Kanter J.W., Robinaugh D.J. Differential associations between interpersonal variables and quality-of-life in a sample of college students. *Qual Life Res*. 2020; 29(1): 127-139. DOI: 10.1007/s11136-019-02298-3
5. Núñez-Rocha, Georgina Mayela et al. Lifestyle, Quality of Life, and Health Promotion Needs in Mexican University Students: Important Differences by Sex and Academic Discipline. *International journal of environmental research and public health*. 2020; 17: 8024. DOI: 10.3390/ijerph17218024
6. Qiu Y, Yao M, Guo Y, Zhang X, Zhang S, Zhang Y, Huang Y, Zhang L. Health-Related Quality of Life of Medical Students in a Chinese University: A Cross-Sectional Study. *Int J Environ Res Public Health*. 2019; 16(24): 5165. DOI: 10.3390/ijerph16245165
7. Solis AC, Lotufo-Neto F. Predictors of quality of life in Brazilian medical students: a systematic review and meta-analysis. *Braz J Psychiatry*. 2019; 41(6): 556-567. DOI: 10.1590/1516-4446-2018-0116
8. Piskun O.E., Chistjakov V.A. Problems of psychological adaptation of junior students of technical universities by means of physical culture. *Teorija i praktika fizicheskoj kul'tury [Theory and practice of physical culture]*. 2016; 11: 38–39. (in Russian)
9. Gorbunov V.I., Vozzhennikova G.V., Isaeva I.N., Verushkina A.S. Assessment of quality of life indicators of medical university students. *Ul'janovskij mediko-biologicheskij zhurnal [Ulyanovsk Medical and Biological Journal]*. 2012; 1: 46-49. (in Russian)
10. Ionova T.I., Shevcova O.G. Quality of life and health are the saving factors of the lifestyle of medical university students. *Medicina i organizacija zdravoohraneniya [Medicine and healthcare organization]*. 2016; 1: 21-27. (in Russian)
11. Sokolova N.V., Popov V.I., Alferova S.I., Artjuhova I.G., Kvarachelija A.G. An integrated approach to the hygienic assessment of the quality of life of students. *Acta Biomedica Scientifica*. 2013; 3-2(91): 130-134. (in Russian)
12. Makeeva V.S., Shirokova E.A., Shhegoleva M.A. The possibilities of using fitness technologies in the program to ensure the subjective well-being of university students. *Mir nauki, kul'tury, obrazovanija [The world of science, culture, education]*. 2019; 1(74): 318–321. (in Russian)

13. Cbitneva O.A. The impact of the educational process on the body of students. *Universum: Psychology and Education: electronic scientific journal*. 2017. 1 (43). Available at: <https://7universum.com/ru/psy/archive/item/5432> Accessed 26.02.2022. (in Russian)
14. Ajvazova E.S., Dorofeeva E.N., Terbulatov A.Je. Digitalization of education at the university. *Nauka i obrazovanie: vektory razvitija [Science and education: vectors of development]*. 2021: 45 p. (in Russian)
15. Krjukova O.N., Korotkova S.B., Zavershinskaja I.I. Assessment of the level of motor mode in female students of a medical university. *Central'nyj nauchnyj vestnik [Central Scientific Bulletin]*. 2018; № 20(61): 49–50. (in Russian)
16. Shutova T.N., Bunina P.S., Gracheva D.V. Pedometry and heart rate monitoring in the analysis of students' motor activity. *Physical culture, sports, tourism: scientific and methodological support: materials of the All-Russian scientific and practical conference with international participation [Fizicheskaja kul'tura, sport, turizm: nauchno-metodicheskoe soprovozhdenie: materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoi konferencii s mezhdunarodnym uchastiem]*. Perm; 2018: 196-201. (in Russian)
17. International Physical Activity Questionnaire (IPAQ). Available at: <http://www.ipaq.ki.se> Accessed 18.10.2021.
18. Ware J.E., Snow K.K., Kosinski M., Gandek B. SF-36 Health Survey. Manual and interpretation guide. The Health Institute, New England Medical Center. Boston, Mass. 1993.
19. Latyshevskaja N.I., Levchenko N.V., Kanishheva E.V., Jahontova E.V. Factors affecting the quality of life of students. *Prikaspijskij vestnik mediciny i farmacii [Caspian Bulletin of Medicine and Pharmacy]*. 2021; 2(3): 16–20. (in Russian)
20. Kolokol'cev M.M., Ermakov S.S., Tret'jakova N.V., Krajnik V.L., Romanova E.V. Physical activity as a factor in improving the quality of life of students. *Obrazovanie i nauka [Education and science]*. 2020; 22(5): 150–168. DOI: 10.17853/1994-5639-2020-5-150-168 (in Russian)
21. Davletova N.H., Tafeeva E.A., Mavliev F.A. Assessment of the quality of life of students of a sports university. *Medicina truda i jekologija cheloveka [Occupational medicine and human ecology]*. 2021; 4(28): 279-296. DOI: 10.24412/2411-3794-2021-10418 (in Russian)
22. Il'nickaja T.A., Sen' S.V., Kovaljova T.V., Kuznecova Z.V. A complex of recreational activities aimed at improving the quality of life of students assigned to a special medical group. *Uchenye zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta [Scientific notes of the P.F. Lesgaft University]*. 2021; 4(194): 165-169. (in Russian)
23. Lejfa A.V. Physical activity and quality of life of subjects of the educational process at the university: structural components and their assessment. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta [Bulletin of Tomsk State University]*. 2018; 429: 196-202. (in Russian)
24. Kuznecova I.B., Nikogosova V.V. The influence of modern lifestyle on the physical and mental health of students. *SciencesofEurope*. 2022; 86-2: 69-71. DOI: 10.24412/3162-2364-2022-86-2-69-71(inRussian)

Поступила/Received: 27.04.2022

Принята в печать/Accepted: 29.05.2022

УДК 613.4:373.17:616-053.82

## ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ КОМПОНЕНТОВ ОБРАЗА ЖИЗНИ СТУДЕНТОВ МЕДИЦИНСКИХ ВУЗОВ

Девришов Р.Д., Хорошева И.В., Кудряшева И.А., Даулетова Л.А., Дашдамирова Н.А.

ФГБОУ ВО «Астраханский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации

*Широкое применение информационно-коммуникационных технологий является одной из основных характеристик современного образования. При этом студенты, являясь непосредственными участниками учебного процесса, активно применяют разнообразные электронные устройства как во время занятий, так и в свободное время. Цель исследования – гигиеническая оценка компонентов образа жизни студентов и анализ применения информационно-коммуникационных технологий (ИКТ).*

**Материал и методы исследования.** При помощи онлайн-анкетирования показана субъективная оценка влияния компонентов образа жизни, в том числе ИКТ, на состояние здоровья 238 студентов из двух медицинских вузов Российской Федерации.

**Результаты.** В процессе обучения время использования электронных устройств значительно увеличивалось и у большей части респондентов составляло 5 часов и более. Более 4 часов из бюджета времени около половины опрошенных студентов использовали для выполнения домашнего учебного задания. Выявлено снижение продолжительности ночного сна и нахождения на свежем воздухе. В то же время увеличивалось время использования электронных устройств в ночное время. Питание учащихся характеризуется нарушением кратности приемов пищи, поздними ужинами, отсутствием в рационе отдельных продуктов питания.

**Заключение.** Использование информационно-коммуникационных технологий в процессе обучения, внедрение их в образовательный процесс предполагает проведение многочисленных исследований, направленных на изучение как положительных, так и возможных негативных характеристик использования электронных устройств. При этом существенно возрастает роль санитарно-просветительской работы, предполагающей обеспечение досуга учащихся с учетом соблюдения режимов двигательной активности, интеллектуальных занятий, сна, отдыха и питания. Результаты исследования позволяют сделать вывод о недостаточном внимании студентов к своему образу жизни.

**Ключевые слова:** информационно-коммуникационные технологии, электронные устройства, студенты-медики, здоровый образ жизни, режим дня, питание, сон, профилактика.

**Для цитирования:** Девришов Р.Д., Хорошева И.В., Кудряшева И.А., Даулетова Л.А., Дашдамирова Н.А. Гигиеническая характеристика основных компонентов образа жизни студентов медицинских вузов. Медицина труда и экология человека. 2022;2:177-186.

**Для корреспонденции:** Девришов Руслан Девришович, ассистент кафедры гигиены медико-профилактического факультета с курсом последипломного образования, ФГБОУ ВО «Астраханский ГМУ» Минздрава России, e-mail: memorydb@yandex.ru

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

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

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2022-10212>

## HYGIENIC CHARACTERISTICS OF THE LIFESTYLE MAIN COMPONENTS OF MEDICAL STUDENTS

Devrishov R.D., Khorosheva I.V., Kudryasheva I.A., Dauletova L.A., Dashdamirova N.A.

Astrakhan State Medical University, Russian Health Ministry

**Abstract.** *The widespread use of information and communication technology is one of the main characteristics of modern education. At the same time, students, being direct participants of the educational process, actively use a variety of electronic devices both in class and in their free time.*

**The aim** of the study is a hygienic assessment of students' lifestyle components and analysis of the use of information and communication technologies (ICT).

**Material and methods of the study.** A subjective assessment of the influence of lifestyle components, including ICT, on the health status of 238 students from two Russian medical universities was made by means of online questionnaire survey.

**Results.** *The use of electronic devices increased significantly during the study and for the majority of the respondents was 5 hours or more. More than 4 hours of the time budget was used by about half of the surveyed students for homework. A decrease in the duration of night sleep and spending time in the fresh air was revealed. At the same time there was an increase in the time spent using electronic devices at night. The students' nutrition is characterized by violation of meal frequency, late dinners, absence of certain foodstuffs in the diet.*

**Conclusion.** *The use of information and communication technologies in education, their implementation in the educational process involves numerous studies aimed at the study of both positive and possible negative characteristics of the use of electronic devices. Moreover, the role of health education, which implies provision of students with leisure time, taking into account the observance of regimes of physical activity, intellectual activity, sleep, rest, and nutrition, significantly increases. The results of the study allow us to conclude that students do not pay enough attention to their lifestyle.*

**Keywords:** *information and communication technology, electronic devices, medical students, healthy lifestyles, daily routine, nutrition, sleep, prevention*

**Citation:** Devrishov R.D., Khorosheva I.V., Kudryasheva I.A., Dauletova L.A., Dashdamirova N.A. Hygienic characteristics of the lifestyle main components of medical students. *Occupational Health and Human Ecology*. 2022;2:177-186.

**Correspondence:** Ruslan D. Devrishov, Assistant of Hygiene Department, Medical and Preventive Faculty with Postgraduate Education, Astrakhan State Medical University, Russian Health Ministry, e-mail: memorydb@yandex.ru

**Financing:** The study had no financial support.

**Conflict of interest:** The authors declare no conflict of interest.

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2022-10212>

Считается, что молодые люди – наиболее здоровая группа населения. Однако именно в период студенчества начинают проявляться начальные симптомы различных заболеваний.

Система высшего образования на современном этапе характеризуется значительной интенсивностью образовательного процесса, характерными особенностями которого являются повышенные умственные нагрузки, снижение двигательной активности и продолжительности сна, приводящие в конечном итоге к нарушению режима труда и отдыха. Обучение в высших учебных заведениях предполагает использование различных методов и форм обучения, освоение больших объемов информации за относительно короткие сроки, что требует максимального включения адаптационных резервов организма [1, 2].

Совершенствование образовательных программ приводит к возрастанию требований к уровню подготовки специалистов, увеличению продолжительности самостоятельной подготовки студентов и применения в процессе обучения разнообразных форм информационно-коммуникационных технологий.

Многие авторы обращают внимание на то, что ненормированное использование электронных устройств может оказывать пагубное воздействие на здоровье обучающихся. При этом значительно ограничивается активная деятельность и снижается умственная работоспособность, что сказывается на качестве жизни в целом [3, 4, 5, 6].

В целях предупреждения негативного воздействия факторов образовательной среды необходимо иметь представление о степени осведомленности молодежи о здоровом образе жизни и его компонентах. Эти профилактические знания, способность применять их практически, а также соблюдение гигиенических принципов охраны здоровья являются основными составляющими здорового образа жизни студентов.

**Цель** исследования – гигиеническая оценка компонентов образа жизни студентов и анализ применения информационно-коммуникационных технологий (ИКТ).

**Материалы и методы.** В онлайн-сервисе GoogleForms проводилось анкетирование 238 студентов (137 - Астраханского и 101 - Башкирского государственных медицинских университетов).

Анкета, разработанная сотрудниками кафедры гигиены медико-профилактического факультета с курсом последипломного образования ФГБОУ ВО Астраханского ГМУ Минздрава России, предлагала респондентам вопросы оценочного характера, отражающие субъективную оценку воздействия факторов образа жизни на состояние здоровья. Вопросы анкеты, помимо общей части, отражали продолжительность использования ИКТ, вид

устройства, возможные неблагоприятные последствия в процессе работы, степень информированности учащихся об основных компонентах здорового образа жизни.

Статистическая обработка полученных данных включала расчет процентных распределений вариантов ответов с использованием программ Statgraphics и Microsoft Excel.

Исследование проводилось в строгом соответствии с требованиями биомедицинской этики, не нарушало прав человека и не подвергало его опасности.

**Результаты.** В онлайн-опросе приняли участие 137 студентов Астраханского государственного медицинского университета (АстГМУ) - 66 девушек (48,18%) и 71 юноша (51,82%) и 101 студент Башкирского государственного медицинского университета (БГМУ) – 65 юношей (64,35%) и 36 девушек (35,65%). Опрошенные являлись студентами 2-5 курсов и обучались по специальностям: «Лечебное дело», «Стоматология», «Педиатрия», «Фармация», «Медико-профилактическое дело».

Двигательная активность и пребывание на свежем воздухе, как и сон, являются обязательными компонентами здорового образа жизни. Установлено, что у 9,5% студентов АстГМУ и 34,9% учащихся БГМУ продолжительность ночного сна была менее 7-8 часов. Мнение студентов относительно продолжительности активной деятельности заметно варьировалось. Так, только у 9,5% астраханских студентов-медиков продолжительность ежедневной прогулки не превышала 30 минут. При этом активно занимаются различными видами спорта 58,4% респондентов, уделяя тренировкам от 2 до 5 и более часов в неделю. Аналогичные показатели у студентов БГМУ выглядели следующим образом: продолжительность прогулки менее 30 минут – у 28,7%, тренировочные спортивные занятия – у 71,3%.

Активная деятельность студентов в течение дня не ограничивается только учебными и спортивными занятиями. Так, 39,4% астраханских студентов и 45,5% учащихся БГМУ дополнительно занимаются иностранными языками и шахматами. Установлено также, что 83,2% студентов из Астрахани и 82,2% студентов из Уфы регулярно читают бумажные книги, что предполагает значительную статическую и зрительную нагрузку.

Самостоятельная работа студентов как один из обязательных элементов образовательной программы способствует наиболее полному усвоению учебного материала. Так, у 44,1% учащихся АстГМУ и у 48,5% студентов БГМУ время выполнения домашней работы составляло 4 часа и более. Необходимо отметить, что в процессе подготовки использовались различные ИКТ. Наиболее популярным электронным устройством среди студентов Астраханского медицинского университета является смартфон, его указали 94,4%, при этом у 78,8% опрошенных продолжительность ежедневного использования превышает 5 часов. Данный гаджет для 80,2% учащихся является средством общения с другими пользователями в различных социальных сетях, 75,2% используют смартфон для прослушивания музыки, 68,6% - для поиска информации.

Среди опрошенных студентов БГМУ 72,1% отметили, что чаще всего пользуются смартфоном, при этом 77,5% работают с устройством 5 и более часов ежедневно. Поиск информации через смартфон осуществляют 74,1%, слушают музыку - 72,3% и просматривают видео - 69,4% респондентов.

В результате выявлено увеличение жалоб вследствие неконтролируемого длительного использования электронных устройств в период обучения. Появление усталости глаз отметили 43,8% учащихся АстГМУ, 29,9% указали на головные боли, 25,5% - на боли в области глаз. На боли и напряжение в спине, шее и руках жаловались 55,7% студентов БГМУ, 51,3% - на боли в области глаз, 46,5% отмечали появление тяжести в голове.

Питание является обязательным компонентом здорового образа жизни. В связи с этим неправильные пищевые установки и привычки, несоответствие между качественно-количественными характеристиками и возрастными потребностями организма, нарушения в режиме приема пищи отражаются на здоровье человека.

По результатам исследования установлено, что 40,1% учащихся АстГМУ принимали пищу 2 раза в день, 17,5% указали трехкратный прием и 42,3% питались реже 2 раз в течение дня. Опрос студентов БГМУ показал, что 41,6% опрошенных питались 3 раза в день, 44,6% - 2 раза в день и 13,9% респондентов отметили однократный прием пищи в течение дня. Принимают пищу дома и в организациях общественного питания (столовые, буфеты, рестораны быстрого питания) 82,5% опрошенных студентов из Астрахани. При этом питание только дома указали 10,2% учащихся АстГМУ. В то же время питаются только дома более половины студентов БГМУ (56,4%). Прием пищи дома и в столовой отмечают 35,6% уфимских студентов-медиков.

Следует отметить, что режим питания студентов наряду с длительными (5-6 часов и более) перерывами между приемами пищи (86,1% анкетированных АстГМУ и 85,1% опрошенных БГМУ) характеризуется поздним ужином (менее чем за 2 часа до начала сна), на что указали 59,1% студентов из Астрахани и 74,3% уфимских студентов, а также преобладанием в рационе острой, соленой и жирной пищи - 92,1% учащихся АстГМУ и 64,2% студентов БГМУ. Некоторые особенности рациона питания студентов представлены в таблице 1.

Таблица 1

## Характеристика питания студентов

Table 1

## Characteristics of student nutrition

Оцениваемый показатель	Образовательное учреждение	
	АстГМУ (%)	БГМУ (%)
<b>Наличие в рационе питания мясных продуктов:</b>		
3-4 раза в неделю	45,3	46,5
1-2 раза в неделю	17,4	16,8
1 раз в день и чаще	35,8	34,6
мясных продуктов в рационе нет	1,5	2,1
<b>Наличие в рационе питания молочных продуктов:</b>		
3-4 раза в неделю	39,4	42,5
1-2 раза в неделю	41,6	26,7
1 раз в день и чаще	14,6	27,7
молочных продуктов в рационе нет	4,4	3,1
<b>Наличие в рационе питания свежих овощей, фруктов:</b>		
ежедневно	48,2	66,3
2-3 раза в неделю	35,1	19,2
1 раз в неделю и реже	16,7	14,5

**Обсуждение.** В рамках проведенного исследования были изучены основные характеристики образа жизни студентов, обучающихся по разным направлениям подготовки и проживающих в различных регионах Российской Федерации.

Студенты являются активными пользователями различных электронных устройств ИКТ, среди многообразия которых смартфон самый популярный. Полученные по итогам работы данные свидетельствуют о значительном увеличении (5 часов и более) непрерывной продолжительности использования данного устройства для различных целей. В результате только 10,9% респондентов не предъявляли жалобы на состояние здоровья. Выявленная симптоматика является характерной для лиц, активно применяющих ИКТ в процессе работы и учебы, что согласуется с данными многих научных исследований [7, 8, 9, 10, 11, 12].

Выявлена недостаточная продолжительность некоторых компонентов образа жизни. Так, 38,2% студентов отметили, что продолжительность прогулки на свежем воздухе не превышала 30 минут. В качестве причин студенты указали нехватку времени, низкий уровень мотивации и незнание преимуществ двигательной активности. Сон также сокращался вследствие активного использования учащимися различных ИКТ в ночное время.

В процессе обучения и самостоятельной подготовки к занятиям студенты параллельно использовали электронные устройства для общения в социальных сетях, прослушивания музыки и просмотра видеофайлов. Следует отметить нерациональную организацию рабочего места дома и недостаточный уровень освещенности как факторы риска, способствующие развитию заболеваний костно-мышечной системы и органа зрения.

Исследования ряда авторов подчеркивают положительный эффект адекватной двигательной нагрузки на состояние здоровья учащихся [13, 14, 15]. Формирование компетенций в области двигательной активности может способствовать укреплению здоровья студенческой молодежи. Поэтому освоение базовых компонентов здорового образа жизни в медицинских образовательных организациях необходимо продолжать. Это особенно важно в свете имеющихся в научной литературе исследований, подтверждающих снижение количества студентов, ведущих здоровый образ жизни [16, 17, 18, 19, 20].

**Заключение.** Таким образом, можно говорить, что ИКТ являются неотъемлемым компонентом образа жизни студентов. Электронными устройствами учащиеся пользуются как во время обучения, так и во время отдыха. При этом продолжительность ночного сна и двигательной активности снижается.

Питание более половины студентов нельзя назвать рациональным из-за длительных перерывов между приемами пищи и наличия позднего ужина, а также отсутствия в рационе отдельных пищевых продуктов.

Изменение продолжительности отдельных компонентов режима дня приводит к увеличению различных жалоб на состояние здоровья со стороны учащихся.

В этой связи существенно возрастает роль санитарно-просветительской работы, результативность которой будет определяться выбранными направлениями формирования здорового образа жизни студентов [21].

## Список литературы:

1. Кучма В.Р. Гигиеническая безопасность гиперинформатизации жизнедеятельности детей. Гигиена и санитария. 2017; 96(11): 1059-1063. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-11-1059-1063>
2. Жукова Т.В., Горбачева Н.А., Харагургиева И.М., Белик С.Н., Кононенко Н.А., Сбыковская Л.В. Здоровье студентов как прогностическая модель здоровья нации. Здоровье населения и среда обитания. 2018; 4: 36-41. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2018-301-4-36-41>
3. Большаков А.М., Крутько В.Н., Кутепов Е.Н., Мамиконова О.А., Потемкина Н.С., Розенблит С.И., Чанков С.В. Информационные нагрузки как новый актуальный раздел гигиены детей и подростков. Гигиена и санитария. 2016; 95 (2): 172-177. DOI: [10.18821/0016-9900-2016-95-2-172-177](https://doi.org/10.18821/0016-9900-2016-95-2-172-177)
4. Милушкина О.Ю., Маркелова С.В., Скоблина Н.А., Татаринчик А.А., Федотов Д.М., Королик В.В., Аль-Сабунчи А.А. Особенности образа жизни современной студенческой молодежи. Здоровье населения и среда обитания. 2018; 11(308): 5-8.
5. Ушаков И.Б., Мелихова Е.П., Либина И.И., Губина О.И. Гигиенические и психофизиологические особенности формирования здоровья студентов медицинского вуза. Гигиена и санитария. 2018; 97(8): 756-761. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-8-756-761>
6. Буйнов Л.Г., Айзман Р.И., Герасев А.Д., Сорокина Л.А., Плахов Н.Н., Шангин А.Б. Здоровьеформирующее образование - одна из важнейших задач современности. Гигиена и санитария. 2018; 97(9): 869-872. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-9-869-872>
7. Пивоваров Ю.П., Скоблина Н.А., Милушкина О.Ю., Маркелова С.В., Федотов Д.М., Окольников Ф.Б., Губанов П.В. Использование интернет-опросов в оценке осведомленности об основах здорового образа жизни. Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики. 2020; 2: 398-413
8. Mašina T, Madžar T, Musil V, Milošević M. Differences in Health-Promoting Lifestyle Profile Among Croatian Medical Students According to Gender and Year of Study. *Acta Clin Croat.* 2017 Mar; 56(1): 84-91. DOI: [10.20471/acc.2017.56.01.13](https://doi.org/10.20471/acc.2017.56.01.13). PMID: 29120145
9. Bennasar-Veny M, Yañez AM, Pericas J, Ballester L, Fernandez-Dominguez JC, Tauler P, Aguilo A. Cluster Analysis of Health-Related Lifestyles in University Students. *International Journal of Environmental Research and Public Health.* 2020; 17(5):1776. <https://doi.org/10.3390/ijerph17051776>
10. Abrantes LCS, de Souza de Morais N, Gonçalves VSS, Ribeiro SAV, de Oliveira Sedyama CMN, do Carmo Castro Franceschini S, Dos Santos Amorim PR, Priore SE. Physical activity and quality of life among college students without comorbidities for cardiometabolic diseases: systematic review and meta-analysis. *Qual Life Res.* 2021 Nov 20:1–30. DOI: [10.1007/s11136-021-03035-5](https://doi.org/10.1007/s11136-021-03035-5)
11. Ge Y, Xin S, Luan D, Zou Z, Liu M, Bai X, Gao Q. Association of physical activity, sedentary time, and sleep duration on the health-related quality of life of college students in Northeast China. *Health Qual Life Outcomes.* 2019 Jul 16; 17(1):124. DOI: [10.1186/s12955-019-1194-x](https://doi.org/10.1186/s12955-019-1194-x)

12. Wang F, Bíró É. Determinants of sleep quality in college students: A literature review. *Explore (NY)*. 2021 Mar-Apr; 17(2):170-177. DOI: 12.1016/j.explore.2020.11.003
13. Дейкова Т.Н., Мишина Е.Г. Готовность бакалавров педагогического образования вести здоровый образ жизни как основа реализации принципа здоровьесбережения в образовании. *Мир науки. Педагогика и психология*. 2019; 1(7): 1-8
14. Магдиева Н.Т., Магомедова И.Р., Маммаева А.З. Возможности профилактики рисков здоровью студенческой молодежи в современных условиях модернизации образования. *Региональные проблемы преобразования экономики*. 2020; 6: 34-39 DOI:10.26726/1812-7096-2020-06-34-39
15. Гаранина И. А., Трегубов В. Н. Мотивация граждан к ведению здорового образа жизни посредством формирования у будущих врачей-специалистов лидерских качеств. *Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины*. 2020;28(5):941—947. DOI: <http://dx.doi.org/10.32687/0869-866X-2020-28-5-941-947>
16. Горбаткова Е.Ю., Зулъкарнаев Т.Р., Ахмадуллин У.З., Ахмадуллина Х.М. Гигиеническая оценка питания студентов высших учебных заведений. *Гигиена и санитария*. 2019; 98(5): 540-545. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-5-540-545>
17. Осолодкова Е.В., Корчемкина Ю.В., Белоусова Н.А. Формирование у студентов представлений о рациональном питании при обучении дисциплинам здоровьесберегающего модуля. *Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта*. 2021; 3(193): 317-320 DOI: 10.34835/issn.2308-1961.2021.3. p317-320
18. Попов В.И., Мелихова Е.П. Изучение и методология исследования качества жизни студентов. *Гигиена и санитария*. 2016; 95(9): 879-884. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2016-95-9-879-884>
19. Милушкина О. Ю., Скоблина Н. А., Маркелова С. В., Татаринчик А. А., Мелихова Е. П., Либина И.И., Попов М.В. Влияние электронных устройств на физическое развитие современной молодежи и рекомендации по регламенту их использования. *ВестникРГМУ*. 2019; 4: 87-94 DOI: 10.24075/vrgmu.2019.046
20. Иевлева О.В. Двигательная активность студентов-медиков как индикатор их приверженности здоровому образу жизни. *Российский вестник гигиены*. 2021; 2: 35-39 DOI: 10.24075/rbh.2021.009
21. Коломин В.В., Кудряшева И.А., Девришов Р.Д., Хорошева И.В., Гололобов М.И., Хабчиев Р.К., Филяев В.Н. Гигиенические аспекты инновационных процессов в современном обществе. *Российский вестник гигиены*. 2021; 2: 20-23 DOI: 10.24075/rbh.2021.013

#### References:

1. Kuchma V.R. The minimization of the impact of information and communication technologies on the health and well-being of children. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*2017; 96(11): 1059-1063. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-11-1059-1063>
2. Zhukova T.V., Gorbacheva N.A., Haragurgieva I.M., Belik S.N., Kononenko N.A., Sbykovskaja L.V. Health of students as a prognostic model of nation's health *Zdorov'e naselenija i sreda obitanija*. 2018; 4: 36-41. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2018-301-4-36-41>

3. Bolshakov A.M., Krut'ko V.N., Kutepov E.N., Mamikonova O.A., Potemkina N.S., Rozenblit S.I., Chankov S.V. Informational hygiene as a new topical branch of hygiene of children and adolescents. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2016; 95(2): 172-177. (In Russ.). DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-2-172-177
4. Milushkina O.Yu., Markelova S.V., Skoblina N.A., Tatarinchik A.A., Fedotov D.M., Korolik V.V., Al-Sabunchi A.A. Lifestyle features of modern student youth. *Zdorov'e naselenija i sreda obitaniya*. 2018; 11(308): 5-8.
5. Ushakov I.B., Melikhova E.P., Libina I.I., Gubina O.I. Hygienic and psychophysiological peculiarities of forming health of students of the medical university. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2018; 97(8): 756-761. (In Russ.) DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-8-756-761>
6. Buinov L.G., Aizman R.I., Gerashev A.D., Sorokina L.A., Plakhov N.N., Shangin A.B. Health-forming education - one of the most important tasks of modernity. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2018; 97(9): 869-872. (In Russ.) DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-9-869-872>
7. Pivovarov Yu. P., Skoblina N.A., Milushkina O.Yu., Markelova S.V., Fedotov D.M., Okolnikov F.B., Gubanov P.V. Use of internet surveys in the assessment of awareness of the basics of a healthy lifestyle. *Nauchny zhurnal "Sovremennye problemy zdavookhraneniya i meditsinskoy statistiki"* 2020; 2: 398-413
8. Mašina T, Madžar T, Musil V, Milošević M. Differences in Health-Promoting Lifestyle Profile Among Croatian Medical Students According to Gender and Year of Study. *Acta Clin Croat*. 2017 Mar; 56(1): 84-91. DOI: 10.20471/acc.2017.56.01.13. PMID: 29120145
9. Bennasar-Veny M, Yañez AM, Pericas J, Ballester L, Fernandez-Dominguez JC, Tauler P, Aguilo A. Cluster Analysis of Health-Related Lifestyles in University Students. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020; 17(5):1776. <https://doi.org/10.3390/ijerph17051776>
10. Abrantes LCS, de Souza de Morais N, Gonçalves VSS, Ribeiro SAV, de Oliveira Sediya CMN, do Carmo Castro Franceschini S, Dos Santos Amorim PR, Priore SE. Physical activity and quality of life among college students without comorbidities for cardiometabolic diseases: systematic review and meta-analysis. *Qual Life Res*. 2021 Nov 20:1–30. DOI: 10.1007/s11136-021-03035-5
11. Ge Y, Xin S, Luan D, Zou Z, Liu M, Bai X, Gao Q. Association of physical activity, sedentary time, and sleep duration on the health-related quality of life of college students in Northeast China. *Health Qual Life Outcomes*. 2019 Jul 16; 17(1):124. DOI: 10.1186/s12955-019-1194-x
12. Wang F, Bíró É. Determinants of sleep quality in college students: A literature review. *Explore (NY)*. 2021 Mar-Apr; 17(2):170-177. DOI: 10.1016/j.explore.2020.11.003
13. Deikova T.N., Mishina E.G. Readiness of bachelor of pedagogical education to lead a healthy lifestyle as a basis for the implementation of the principle of health saving in education. *Mir nauki. Pedagogiya i psikhologiya [online]*. 2019; 1(7): 1-8
14. Magdieva N.T., Magomedova I.R., Mammaeva A.Z. Opportunities to prevent risks to the health of students in modern conditions of modernization of education. *Regional'nye*

- problemy preobrazovaniy ekonomiki. 2020; 6: 34-39 DOI:10.26726/1812-7096-2020-06-34-39
15. Garanina I. A., Tregubov V. N. The motivation of citizen to follow healthy life-style by means of forming leader qualities in future medical specialists. Problemi socialnoi gigieni, zdavookhranenia i istorii meditsini.2020;28(5):941—947 (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.32687/0869-866X-2020-28-5-941-947>
  16. Gorbatkova E.Yu., Zulkarnaev T.R., Akhmadullin U.Z., Akhmadullina Kh.M. Hygienic evaluation of nutrition in students of higher educational institutions. Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)2019; 98(5): 540-545.(In Russ.).DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-5-540-545>
  17. Osolodkova E.V., Korchemkina Y.V., Belousova N.A. Formation in students of rational diet in the health-saving module. Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta. 2021; 3(193): 317-320 DOI: 10.34835/issn.2308-1961.2021.3. p.317-320
  18. Popov V.I, Melikhova E.P. Study and methodology for research of the life quality in students. Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)2016; 95(9): 879-884. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2016-95-9-879-884>
  19. Milushkina O.Yu., Skoblina N.A., Markelova S.V., Tatarinchik A.A., Melikhova E.P., Libina I.I., Popov M.V. The impact of electronic devices on the physical growth and development of the modern youth and recommendations on their safe use. Bulletin of RSMU. 2019; 4: 87-94 DOI: 10.24075/vrgmu.2019.046
  20. Ievleva O.V. Medical students' physical activity as an indicator of their commitment to healthy lifestyle. Russian bulletin of hygiene. 2021; 2: 35-39 DOI: 10.24075/rbh.2021.009
  21. Kolomin V.V., Kudryasheva I.A., Devrishov R.D., Khorosheva I.V., Gololobov M.I., Khabchiev R.K., Filyaev V.N. Health aspects of innovation in modern society. Rossiiskiy vestnik gigieny. 2021; 2: 20-23 DOI: 10.24075/rbh.2021.013

Поступила/Received: 05.05.2022

Принята в печать/Accepted: 20.05.2022

УДК 57.084.1 + 57.017.8 + 59.084

## АЭРОЗОЛЬНАЯ КАМЕРНАЯ УСТАНОВКА ПО ТИПУ «ГОЛОВА-НОС» TSE SYSTEMS ДЛЯ ЭКСПОНИРОВАНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ЖИВОТНЫХ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ ПО НОРМИРОВАНИЮ ПРОИЗВОДНОГО ДИПИРИДИЛИЯ

Порошин М.А., Белоедова Н.С., Сафандеев В. В.

ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека

*Ингаляционный путь поступления химических веществ является одним из наиболее значимых. Воздух рабочей зоны не должен оказывать вредное воздействие на работающих, поскольку характер их трудовой деятельности во многом предопределяет степень влияния поступающих с дыханием веществ на организм. Цель исследования состояла в разработке методического подхода при работе на новой ингаляционной камере в эксперименте по нормированию производного дипиридилия в воздухе рабочей зоны.*

**Материалы и методы.** *С помощью установки для экспонирования лабораторных животных по типу «голова-нос» (TSE Systems, Германия) на крысах проведено исследование нескольких концентраций гербицидного аэрозоля, производного дипиридилия. Оценивали воздействие аэрозоля на животных по признакам интоксикации (изменение внешнего вида, характера выделений, поведения) и наличию летальных исходов. Статистическую обработку данных для оценки однородности выборки и определения значимости различий проводили с помощью F-критерия и t-теста Стьюдента.*

**Результаты исследования.** *Разработан оптимальный методический подход для токсикологических исследований на системе экспонирования по типу «голова-нос». Определены преимущества и недостатки используемой в данной работе системы экспонирования по типу «голова-нос». Даны рекомендации по установлению необходимых скоростей воздушных потоков, учету параметров гранулометрического состава, температуры и влажности внутри затравочного блока для достижения заданной концентрации аэрозоля (режима дозирования).*

*Так, на новой ингаляционной системе удалось подобрать 3 режима дозирования химического вещества –  $2018,76 \pm 4,28$  мг/м<sup>3</sup>,  $806,56 \pm 0,65$  мг/м<sup>3</sup> и  $510,02 \pm 0,50$  мг/м<sup>3</sup>, для достижения нелетальной, полулетальной и летальной концентраций. Приведены важнейшие результаты токсикологической оценки производного дипиридилия для каждой достигнутой концентрации, в т.ч. описаны результаты автоматизированных поведенческих тестов. Используя подобранные режимы дозирования, удалось доказать успешность методического подхода применительно к работе с гербицидами, производными дипиридилия.*

**Ключевые слова:** токсикология, воздух рабочей зоны, гербициды, производные дипиридилия, ингаляционная установка «голова-нос».

**Для цитирования:** Порошин М.А., Белоедова Н.С., Сафандеев В. В. Аэрозольная камерная установка по типу «голова-нос» tse systems для экспонирования лабораторных животных в эксперименте по нормированию производного дипиридилия. Медицина труда и экология человека. 2022;2:187-204.

**Для корреспонденции:** Порошин Михаил Андреевич, младший научный сотрудник отдела ингаляционной токсикологии ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, e-mail: Mikhail\_poroshin@bk.ru

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

**Конфликт интересов:** авторы данной статьи сообщают об отсутствии конфликта интересов.

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2022-10214>

## TSE «HEAD/NOSE-ONLY» AEROSOL EXPOSURE SYSTEM FOR LABORATORY EXPERIMENTAL ANIMALS ON THE REGULATION OF A DIPYRIDYLIUM DERIVATIVE

M.A. Poroshin, N.S. Beloedova, V.V. Safandeev

F.F. Erisman Federal Scientific Center of Hygiene of the Federal Service for Surveillance  
on Consumer Rights Protection and Human Well-being

*The inhalation route of chemicals intake is one of the most significant. The air of the working area should not have a harmful effect on workers, since the nature of their work activity largely determines the degree of influence of substances entering with breathing on the body. The purpose of the study was to develop a methodological approach when working on a new inhalation chamber in an experiment on the regulation of a bipyridylum derivative in the air of the working area.*

**Materials and methods.** *With the help of an «head/nose-only» aerosol exposure system for laboratory animals (TSE Systems, Germany), several concentrations of herbicidal aerosol, a derivative of dipyridylum, were studied on rats. The impact of the aerosol on animals was assessed by signs of intoxication (changes in appearance, secretions and behavior) and the presence of lethal outcomes. Statistical processing of data to assess the homogeneity of the sample and determine the significance of differences was carried out using the F-test and Student's t-test.*

**Research results.** *An optimal methodological approach has been developed for toxicological studies on a «head/nose-only» aerosol exposure system. The advantages and disadvantages of the «head/nose-only» aerosol exposure system used in this work are determined. Recommendations are given for setting the required air flow rates, taking into account the parameters of particle size distribution, temperature and humidity inside the seed block to achieve a given aerosol concentration (dosing regimen).*

*So, on the new inhalation system, it was possible to select 3 dosing regimens for the chemicals substances—  $2018,76 \pm 4,28 \text{ mg/m}^3$ ,  $806,56 \pm 0,65 \text{ mg/m}^3$  and  $510,02 \pm 0,50 \text{ mg/m}^3$ , to achieve non-lethal, semi-lethal and lethal concentrations. Detailed results of the toxicological evaluation of the dipyridylium derivative are given for each concentration reached, including the results of automated behavioral tests are described. Using the selected dosing regimens, it was possible to prove the success of the methodological approach to working with herbicides, a derivative of dipyridylium.*

**Keywords:** *toxicology, working area air, herbicides, dipyridylium derivatives, «head/nose-only» aerosol exposure system.*

**Citation:** *M.A. Poroshin, N.S. Beloedova, V.V. Safandeev. Tse «head/nose-only» aerosol exposure system for laboratory experimental animals on the regulation of a dipyridylium derivative. Occupational health and human ecology. 2022; 2:187-204.*

**Correspondence:** *Mikhail A. Poroshin, Junior researcher at the Department of Inhalation Toxicology, the Erisman Federal Scientific Centre of Hygiene, e-mail: Mikhail\_poroshin@bk.ru*

**Financing:** *The study had no financial support.*

**Conflict of interest:** *The author declares no conflict of interest.*

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2022-10214>

В гигиене токсикологические исследования, как правило, направлены на разработку гигиенических нормативов на основе данных токсичности химического вещества (ХВ) при разных путях его поступления. Ингаляционный путь поступления по понятным причинам считается одним из наиболее значимых, поскольку не только атмосферный воздух, но и воздух рабочей зоны не должны оказывать отрицательного воздействия на здоровье населения [1], в т.ч. занятого на производстве. У рабочих хорошо прослеживается связь между характером их трудовой деятельности и влиянием ХВ на организм [2, 3]. Существует широко распространенное мнение о влиянии некоторых гербицидов на возникновение заболеваний, нашедшее отражение в ряде работ [4, 5, 6, 7].

Существуют определенные трудности при оценке ингаляционной токсичности для разработки нормативов в воздухе рабочей зоны. Так, проводить такие исследования на человеке по известным причинам невозможно, поэтому исследования ХВ группы гербицидов проводят на животных. Для экспонирования животных следует создавать условия, при которых исследуемое ХВ будет непрерывно (для крыс в течение 4 часов) поступать в виде требуемой формы и концентрации. Перечисленные для экспонирования животных условия пытались учесть при конструировании ингаляционных камер, начиная с 1950-х гг. [8, 9]. Однако все разработанные камеры до сих пор имеют ряд недостатков, среди которых выделяют: неравномерное поступление аэрозоля исследуемого ХВ в зону дыхания каждого животного, отсутствие непрерывного контроля за гранулометрическим составом и концентрацией поступающего в камеру вещества, выделение внутрь пеналов-ретрейнеров продуктов жизнедеятельности подопытных животных при их экспозиции, перегрев животных, а также слабая герметичность пеналов и самой установки, что увеличивает вероятность попадания исследуемого ХВ в окружающее пространство [10, 11, 12, 13, 14].

Система экспонирования, использованная в данной работе, не имеет указанных недостатков и обладает следующими преимуществами: обеспечивается равномерное поступление аэрозоля в затравочный блок, контроль за концентрацией проводится в режиме «реального времени», продукты жизнедеятельности животных из пеналов-ретрейнеров отводятся благодаря особой конструкции затравочного блока, ХВ в зону дыхания исследователей не попадает благодаря отрицательному давлению в самой системе [14, 15, 16].

Задействованная в данной работе экспозиционная установка является новейшей зарубежной разработкой, по которой литературные данные и рекомендации мало представлены.

**Целью** стала разработка методического подхода при работе с новой ингаляционной камерой по типу «голова-нос» в эксперименте по нормированию производного дипиридилия в воздухе рабочей зоны. Для этого необходимо было решить следующие *задачи*: комплексно охарактеризовать новую установку по типу «голова-нос»; разработать оптимальный методический подход при различных режимах работы камеры для исследований ингаляционной токсичности; провести исследование ингаляционной токсичности гербицидного аэрозоля производного дипиридилия в соответствии с разработанным оптимальным методическим подходом.

#### **Материалы и методы**

**Животные и условия содержания.** Исследование выполнено на белых крысах линии Wistar из филиала питомника «Андреевка» ФГБУН НЦБМТ ФМБА России. Животные после прибытия из питомника находились в помещении карантина испытательной биологической лаборатории (вивария) в течение 7 суток. После карантина животные в течение 5 суток были акклиматизированы к условиям содержания вивария, где их содержали в полипропиленовых клетках (Италия), обогащенной средой, в соответствии с ГОСТ 33216-2014 [17].

Акклиматизация животных проходила в стандартных условиях вивария под контролем установленных диспетчерской системой параметров (температура  $22 \pm 2^\circ\text{C}$ , влажность 40-60%) с 12-часовым искусственным циклом день/ночь (6.00/18.00) при неограниченном (*ad libitum*) доступе к воде и пище [18]. Поставщик гранулированного стандартизированного корма – ООО «Лабораторкорм» (Москва), вода – из станции водоочистки (Miele, Италия).

В каждой клетке до рассадки находилось шесть животных, после рассадки – по три животных одного пола в совокупности занимавших менее 5% от объема всей клетки.

**Исследуемое вещество.** Тест-системы были использованы для оценки ингаляционной токсичности водного раствора производного дипиридилия, широко применяемого в качестве гербицида на территории РФ, стран СНГ и ЕС.

**Выборка и идентификация животных.** Для рандомизации и выравнивания групп животных в настоящем исследовании были приручены (хендлинг), а затем оценены по методике [5] с помощью анализа поведения 32 животных, промаркированных нетоксичным цветным маркером (ID), в автоматизированном тесте «открытое поле» (Columbus

Instruments, США) и «норковом тесте» (Columbus Instruments, США), снабженных автоматическими анализаторами (Opto-Varimex-5 Auto-Track, США).

Исходя из проанализированных данных, для последующей оценки трех концентраций гербицидного аэрозоля, производного дипиридилия, было отобрано 18 животных ( $n=9\text{♂}/9\text{♀}$ ), по три самки и три самца на каждую концентрацию. Все самки были нерожавшими и небеременными. Каждая клетка была промаркирована так, чтобы можно было понять основные детали эксперимента: номер клетки, пол животных и их количество, а также концентрацию использованного в эксперименте раствора.

**Биоэтический аспект.** Эксперименты выполняли в промежутке с 12 до 16 ч. Все манипуляции с животными проводили в соответствии с национальными [19, 20] и международными [21, 22, 23] руководствами и положениями протокола, утвержденного комитетом по биоэтике Института гигиены, токсикологии пестицидов и химической безопасности ФНЦГ им. Эрисмана Роспотребнадзора.

**Оборудование.** Исследования проводили в специализированной сертифицированной и валидированной системе экспонирования по типу «голова-нос» (рис. 1).



Рис. 1. Камера по типу «голова-нос» (TSE Systems, Германия)

Figure 1. «Head-to-nose» camera (TSE Systems, Germany)

**Ингаляционный путь введения и подбор доз.** Использовали ингаляционный путь введения. Экспериментальные работы были начаты с подбора дозы и создания режима постоянной концентрации аэрозоля. Для этого после разведения аэрозоля до 70% концентрации фиксировали время оседания действующего вещества в емкости (стабильность приготовленного раствора производного дипиридилия). В настоящем исследовании испытывали три концентрации аэрозоля,  $2018,76 \pm 4,28$  м,  $806,56 \pm 0,65$  и  $510,02 \pm 0,50$  мг/м<sup>3</sup>.

**Ингаляционная затравка.** Аэрозоль получали при давлении сжатого воздуха в ингаляционных камерах 5,5 бар и дозировании исследуемого раствора производного дипиридилия через инфузомат (TSE Systems, Германия) особо высокой точности. Конусовидные цилиндрические камеры для затравки животных располагались радиально (рис. 1), влажность и температура внутри камер отображались на дисплее в автоматизированной системе и ежеминутно фиксировались в ПО DACO (TSE Systems, Германия).

**Генерирование аэрозоля и введение исследуемых концентраций препарата.** Необходимой концентрации гербицидного аэрозоля достигали в ходе предварительных испытаний без лабораторных животных. В рамках предварительных испытаний устанавливали расчетный параметр для генерирования аэрозоля ( $V_{\text{dose}}$ ), который в последующем корректировали в зависимости от фактической концентрации, относительно предыдущей попытки до тех пор, пока не будет достигнуто необходимое значение концентрации. Данные о фактической концентрации получали при помощи анализатора CasellaCEL-712 и фиксировали ежеминутно в ПО DACO (TSE Systems, Германия). Параметры гранулометрического состава определяли при помощи каскадного импактора и рассчитывали в ПО PSD (TSE Systems, Германия).

В ингаляционную камеру подавали чистый сухой воздух со скоростью 22, 26 и 27 л/мин, из которых 20 л/мин приходилось на Flow Appl для смешивания с раствором, а оставшиеся 2, 6 или 7 л/мин – на Flow Air для создания равномерного ламинарного потока аэрозоля (режимы № 1, 2 и 3 соответственно). Воздушные потоки, а также температуру в камере в течение четырехчасового воздействия фиксировали ежеминутно в ПО DACO (Германия). Время экспозиции на крысах составило 4 ч. Отбор проб осуществляли при скорости 0,5 л/мин в течение 10 минут.

**Симптомы интоксикации животных.** Проявления интоксикации фиксировали в различные интервалы: во время экспозиции аэрозоля, на протяжении суток после экспозиции и в течение последующих 14 суток дважды (утром и вечером).

Оценивали следующие проявления: изменения шерсти и кожных покровов, состояние органов зрения и слизистых оболочек, изменения со стороны дыхательной, сердечно-сосудистой и нервной систем, моторное и исследовательское поведение. Особое внимание обращали на возможность появления тремора, конвульсий, саливации, диареи, летаргии и комы. Фиксировали появление, прогрессирование и исчезновение симптомов интоксикации.

На первые и четырнадцатые сутки с момента экспозиции гербицидного аэрозоля оценивали изменение поведения в тесте «открытое поле» и «норковом тесте».

**Летальность.** Все животные находились под наблюдением исследователей в различные интервалы: во время экспозиции аэрозоля, на протяжении суток после экспозиции и в течение последующих 14 суток дважды (утром и вечером). Данные о летальности представлены в таблице 3.

**Некропсия и гистопатология.** После гибели животных проводили их вскрытие и макроскопическую оценку с фотофиксацией.

**Статистическая обработка данных.** Полученные количественные данные обрабатывали с помощью F-теста для оценки однородности выборки и t-теста Стьюдента для определения значимости различий в ПО GraphPadPrism (Version 5.0, GraphPadSoftware, США) и Excel (Microsoft Corporation, 2019, США).

**Результаты**

**Концентрация аэрозоля производного дипиридилия.** В ходе исследований были подобраны следующие уровни концентрации аэрозоля производного дипиридилия:  $2018,76 \pm 4,28$ ,  $806,56 \pm 0,65$  и  $510,02 \pm 0,50$  мг/м<sup>3</sup>, соответствующие трем режимам работы ингаляционной камеры (режимы 1-3). Каждая концентрация аэрозоля стабильно находилась на заданном уровне в течение всего четырехчасового эксперимента (рис. 2).

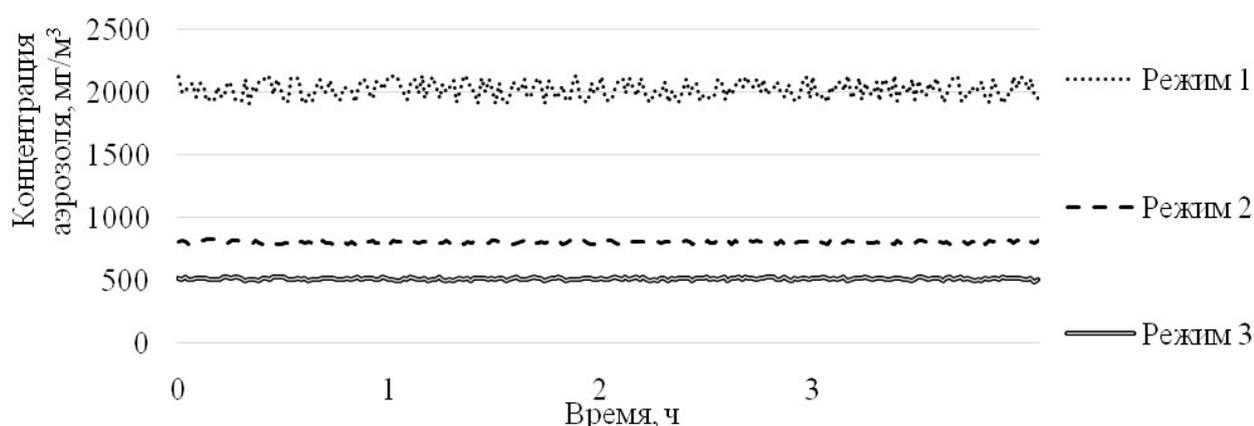


Рис. 2. Динамика концентрации аэрозоля производного дипиридилия  
Figure 2. Dynamics of the concentration of an aerosol, a derivative of dipirydylum

**Режимы работы.** Для каждого режима в таблице (табл. 1) приведены значения скорости потока воздуха, температуры и относительной влажности. Воздушные потоки в ингаляционной камере определяли исходя из значений Flow Appl и Flow Air (л/мин). В течение четырехчасового воздействия для каждого режима были получены нижеобозначенные значения:

Таблица 1

**Параметры затравочной камеры**

Table 1

**Parameters of the seed chamber**

Режим работы	Flow Air, л/мин	Flow Appl, л/мин	Влажность, %	Температура, °С
№1	1,48±0,03	19,93±0,01	84,12±0,17	20,22±0,01
№2	5,57±0,03	19,94±0,01	72,14±0,27	22,21±0,01
№3	7,49±0,03	19,94± 0,02	52,14±0,07	20,12±0,02

**Гранулометрический состав.** По результатам отбора проб воздуха во время экспозиций были получены параметры гранулометрического состава. Распределение

медианы аэродинамического диаметра масс частиц (MMAD) для трех режимов работы составило 0,98, 1,10 и 1,10 мкм. Геометрическое стандартное отклонение (GSD) составило 1,63, 3,01 и 1,78 соответственно (табл. 2, рис. 3). При таких размерах частиц мы предполагаем поступление частиц в органы дыхания.

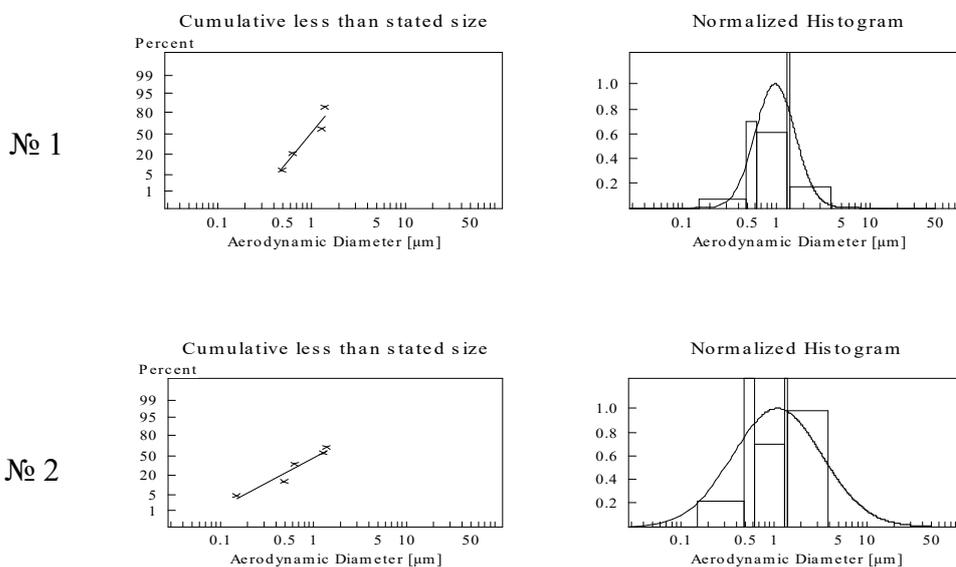
Таблица 2

Гранулометрический состав

Table 2

Particle size distribution

Режим работы	Медиана аэродинамического диаметра частиц (MMAD, мкм)	Геометрическое стандартное отклонение (GSD)
№1	0,98	1,30
№2	1,10	3,01
№3	1,10	1,78



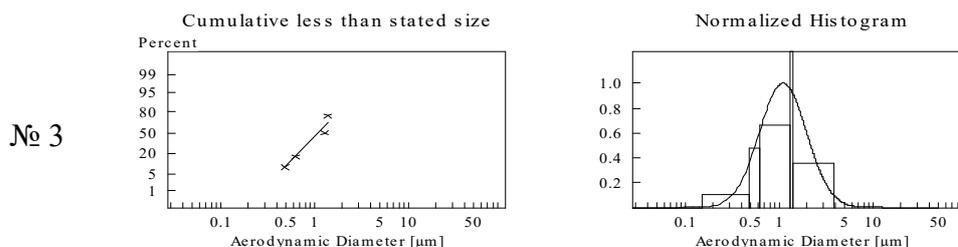


Рис. 3. Распределение частиц аэрозоля

Figure 3. Distribution of aerosol particles

№1, №2, №3 – режимы работы ингаляционной камеры, соответствующие трем разным концентрациям аэрозоля производного дипиридиллия

No. 1, No. 2, No. 3 - modes of operation of the inhalation chamber, corresponding to three different concentrations of aerosol, a derivative of dipyridylum

**Симптомы интоксикации.** В течение первых суток после экспозиции у всех крыс, получивших аэрозоль в концентрации  $2018,76 \pm 4,28$  мг/м<sup>3</sup>, отмечали свистящее дыхание, вялость и отсутствие аппетита. У одной самки и одного самца, получивших аэрозоль в концентрации  $806,56 \pm 0,65$  мг/м<sup>3</sup> были отмечены аналогичные симптомы на третьи сутки после экспозиции. Симптомы прогрессировали у животных в обеих группах, вплоть до гибели животных.

У животных, получивших аэрозоль в концентрации  $510,02 \pm 0,50$  мг/м<sup>3</sup>, отмечали только чихание и активное умывание (груминг) сразу после экспозиции гербицидного аэрозоля. Других симптомов интоксикации не наблюдали ни в один из дней исследования.

**Автоматизированный анализ поведения.** У животных, получивших аэрозоль в концентрации  $806,56 \pm 0,65$  мг/м<sup>3</sup>, были отмечены снижение моторной активности крыс-самок (рис. 4А) на 1-е ( $p \leq 0,05$ ) сутки после экспозиции по сравнению с днем до экспозиции и крыс-самцов (рис. 4А) на 1-е ( $p \leq 0,05$ ) и 14-е ( $p \leq 0,05$ ) сутки после экспозиции по сравнению с днем до экспозиции, принятого за положительный контроль. Исследовательская активность крыс-самок (рис. 4Б) снизилась на 1-е ( $p \leq 0,05$ ) и 14-е ( $p \leq 0,05$ ) сутки после экспозиции, крыс-самцов – на 14-е ( $p \leq 0,05$ ) сутки после экспозиции по сравнению с днем до экспозиции, принятого за положительный контроль.

У животных, получивших аэрозоль в концентрации  $510,02 \pm 0,50$  мг/м<sup>3</sup>, моторная (рис. 4А) и исследовательская (рис. 4Б) активность крыс-самок снизилась на 1-е ( $p \leq 0,05$ ) и 14-е ( $p \leq 0,05$ ) сутки после экспозиции по сравнению с днем до экспозиции. Моторная и исследовательская активность крыс-самцов снизилась на 1-е ( $p \leq 0,05$ ) сутки после экспозиции по сравнению с днем до экспозиции. При этом моторная активность крыс-самок, получивших аэрозоль в концентрации  $510,02 \pm 0,50$  мг/м<sup>3</sup>, на 1-е ( $p \leq 0,05$ ) сутки после экспозиции увеличилась по сравнению с самками, получившими аэрозоль в большей концентрации. Моторная активность крыс-самцов, получивших аэрозоль в концентрации  $510 \pm 0,50$  мг/м<sup>3</sup>, увеличилась на 1-е ( $p \leq 0,05$ ) и 14-е ( $p \leq 0,05$ ) сутки после экспозиции по сравнению с самцами, получившими аэрозоль в большей концентрации. Следует также отметить, что исследовательская активность крыс-самок, получивших аэрозоль в

концентрации  $510,02 \pm 0,50 \text{ мг/м}^3$ , на 1-е ( $p \leq 0,05$ ) и 14-е ( $p \leq 0,05$ ) сутки после экспозиции увеличилась по сравнению с самками, получившими аэрозоль в большей концентрации. Аналогично исследовательская активность крыс-самцов, получивших аэрозоль в концентрации  $510,02 \pm 0,50 \text{ мг/м}^3$ , увеличилась на 14-е ( $p \leq 0,05$ ) сутки после экспозиции по сравнению с самцами, получившими аэрозоль в большей концентрации (рис. 4А, Б).

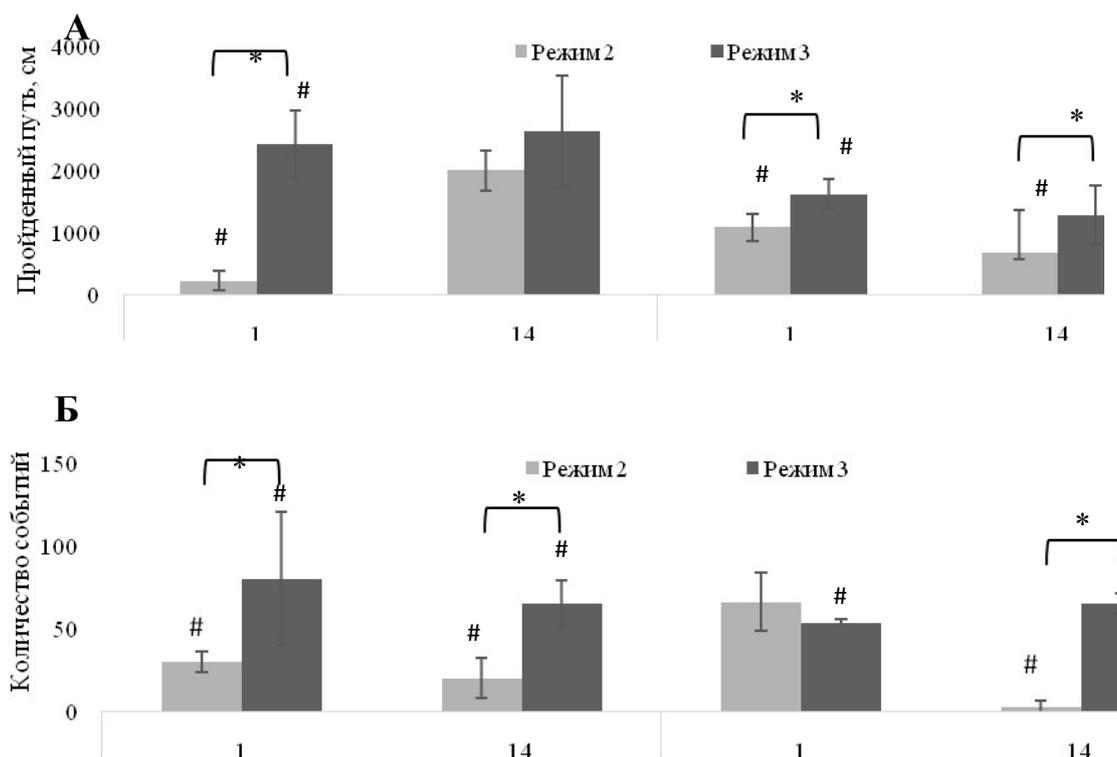


Рис. 4А, Б. Моторный (рис. 4А) и исследовательский (рис. 4Б) компоненты поведения крыс-самок и крыс-самцов на следующие (1) и на 14-е сутки после экспозиции

Пройденный путь измерялся в см, норковый тест – количеством событий за 15 мин.

Режим № 2 – экспозиция аэрозоля в концентрации  $806,56 \pm 0,65 \text{ мг/м}^3$ .

Режим № 3 – экспозиция аэрозоля в концентрации  $510,02 \pm 0,50 \text{ мг/м}^3$

\* –  $p \leq 0,05$  – значимые различия по отношению к режиму №2.

# –  $p \leq 0,05$  – значимые различия по отношению ко дню до экспозиции.

*Figure 4A, B. Motor (Fig. 4A) and exploratory (Fig. 4B) components of the behavior of female and male rats on the following (1) and 14 days after exposure*

*The distance traveled was measured in cm, the mink test was the number of events in 15 minutes.*

*Mode No. 2 - aerosol exposure at a concentration of  $806.56 \pm 0.65 \text{ mg/m}^3$ .*

*Mode No. 3 - aerosol exposure at a concentration of  $510.02 \pm 0.50 \text{ mg/m}^3$*

*\* -  $p \leq 0.05$  - significant differences in relation to mode No. 2.*

*# -  $p \leq 0.05$  - significant differences in relation to the day before exposure.*

**Летальность.** После экспозиции гербицидного аэрозоля в концентрации  $2018,76 \pm 4,28$  мг/м<sup>3</sup> отмечали гибель всех животных на 3 сутки.

После экспозиции аэрозоля в концентрации  $806,56 \pm 0,65$  мг/м<sup>3</sup> отмечали гибель двух самок и одного самца на 7 сутки.

После экспозиции аэрозоля в концентрации  $510,02 \pm 0,50$  мг/м<sup>3</sup> гибель животных не фиксировали (табл. 3).

Таблица 3

## Летальность животных

Table 3

## Lethality of animals

Режим	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	Количество животных	Количество погибших животных			
			В процессе ингаляции и сразу после экспозиции	В период после экспозиции		Всего погибло
				1 сутки	2-14 сутки	
№1	$2018,76 \pm 4,28$	6	0	0	6	6
№2	$806,56 \pm 0,65$	6	0	0	3	3
№3	$510,02 \pm 0,50$	6	0	0	0	0

**Обсуждение.** Проблема нормирования в воздухе рабочей зоны ХВ, например наиболее часто используемых в сельском хозяйстве гербицидов, в частности производного дипиридилия, остается актуальной по сей день. Сложность нормирования в воздухе рабочей зоны тесно сплетена с проблемой использования ингаляционных камер для экспозиции (или т.н. «затравок») животных.

Наибольшая сложность при работе с камерой по типу «голова-нос» заключается в дозе ХВ: во-первых, ингаляционную дозу определить труднее, чем внутривенную или пероральную; во-вторых, при ингаляционном воздействии сложно соотнести дозу у лабораторных животных с дозой у человека; в-третьих, люди обычно вдыхают ХВ через рот, тогда как большинство лабораторных животных вдыхают в основном через нос. Все это создает серьезные проблемы в методологии и технологии воздействия, которые часто требуют инновационных подходов, включающих изменение и измерение размера частиц ХВ, а также определенных методических подходов к процедурам дозирования.

Другой сложностью являются неадекватно подобранные размеры пеналов-ретрейнеров и их конструкции. Как известно, в остром ингаляционном эксперименте крысы находятся не менее 4 часов. За это время у крысы может возникнуть стресс, поскольку она перегревается и выделяет продукты жизнедеятельности, которые требуется отводить из

ретрейнера. В результате стресса может измениться минутный объем дыхания животного, что повлечет изменение поглощенной дозы ХВ.

Настоящей проблемой является отсутствие методических подходов для работы с новыми камерами, ведь несмотря на то, что существуют хотя и устаревшие, но еще действующие методические указания для оценки острой ингаляционной токсичности, они уже не отвечают современным требованиям и рассчитаны преимущественно для работы с камерами старого образца, которые имеют ряд недостатков. К таким недостаткам относят: неравномерное поступление аэрозоля исследуемого вещества в зону дыхания животного, отсутствие непрерывного контроля за гранулометрическим составом и концентрацией поступающего в камеру вещества, выделение внутрь пеналов-ретрейнеров продуктов жизнедеятельности подопытных животных при их экспозиции, перегрев животных, а также слабую герметичность пеналов и самой установки [10, 11, 12, 13, 14]. Более того, стоит подчеркнуть, что далеко не все современные ингаляционные камеры лишены этих недостатков. Мы попытались сравнить несколько по ключевым параметрам (см. табл. 4).

В данной работе была использована ингаляционная камера современной конструкции по типу «голова-нос» (TSE Systems, Германия). Камера лишена вышеобозначенных недостатков. Так, проблема эффективности, в частности с дозой ХВ, была решена за счет равномерного ламинарного поступления гербицидного аэрозоля из пресепаратора в затравочный блок, а контроль концентрации обеспечивался в режиме реального времени с помощью высокоточного анализатора частиц. Пресепаратор позволял отделить частицы размером более 5 мкм от основного потока аэрозоля. При этом размеры частиц все равно контролировались с помощью каскадного импактора и составляли от 1 до 4 мкм. При экспозиции аэрозолем продукты жизнедеятельности крыс из пеналов-ретрейнеров отводились благодаря их особой конструкции. Проблема безопасности ингаляционной камеры при затравке ХВ была решена с помощью системы отведения отработанной воздушной смеси с 3-ступенчатыми НЕРА-фильтрами, а также благодаря наличию отрицательного давления в самой системе экспонирования.

Таблица 4

## Сравнительная характеристика ингаляционных камер

Table 4

## Comparative characteristics of inhalation chambers

Параметр	Система ингаляционного воздействия, DSI Вихсо	Система экспонирования («голова-нос»), TSE Systems	Универсальная затравочная камера кафедры гигиены труда Киевского мединститута
Непрерывный контроль за концентрацией аэрозоля	+	+	-
Отвод метаболитов животных	-	+	-
Оценка параметров гранулометрического состава	+	+	-
Конструктивные особенности для защиты исследователя от вдыхания исследуемого ХВ	-	+	-

Все эти факторы благоприятно сказались на результатах эксперимента, а сама процедура экспозиции стала более безопасной. Однако все еще оставалась проблема с методическим подходом.

Считается, что для исследования каждой препаративной формы необходимо подбирать специальные параметры экспозиции. В нашем отделе был разработан оптимальный методический подход, который был использован для исследования водного раствора аэрозоля производного дипиридила.

Исследования водного раствора наиболее показательны для демонстрации работы системы, так как четко прослеживалась зависимость между заданными параметрами и полученными результатами. Так, поток чистого воздуха Flow Air влиял на концентрацию, уменьшая и стабилизируя ее (см. табл. 1 и рис. 3), в то время как поток Flow Appl уменьшал средний аэродинамический диаметр частиц (MMAD) (см. табл. 2 и рис. 2). Кроме того, если свойства исследуемого ХВ таковы, что во время затравки ХВ кристаллизуется в

пресепараторе, препятствуя проникновению аэрозоля к тест-системам, возможно провести корректировку потоков воздуха в режиме реального времени, чтобы нивелировать вышеуказанный эффект.

Также для достижения целевых концентраций необходимо было учитывать, что увеличение концентрации водных растворов аэрозолей повышает влажность внутри затравочного блока. Поэтому при исследовании низких концентраций для достижения установленной влажности внутри системы необходимо растворять ХВ в дистиллированной воде.

Таким образом, для корректного проведения исследования, согласно разработанному методическому подходу, следует начинать эксперимент с калибровки анализаторов концентрации, с последующим подбором скоростей воздушных потоков и дозирования химических веществ, а также контролем влажности и температуры внутри экспозиционного блока.

Использование оптимального методического подхода для оценки ингаляционной токсичности производного дипиридила в остром эксперименте позволило уберечь крыс от стресса и перегревания в процессе четырехчасового экспонирования, а также подобрать 3 режима дозирования химического вещества –  $2018 \pm 4,28$ ,  $806 \pm 0,65$  и  $510 \pm 0,50$  мг/м<sup>3</sup> для достижения нелетальной, полулетальной и летальной концентраций.

Перспективность нового методического подхода заключается в расширении области его применения относительно исследований фармацевтических препаратов, бытовой, лакокрасочной и парфюмерно-косметической продукции [24].

**Заключение.** Наше исследование показало, что аэрозольная камерная установка по типу «голова-нос» производства TSE Systems для экспонирования лабораторных животных практически лишена недостатков, характерных для других систем. Разработанный при работе на ней методический подход позволил оценить санитарно-токсикологические параметры в остром эксперименте по нормированию производного дипиридила в воздухе рабочей зоны.

#### Список литературы:

1. Федеральный закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30.03.1999 №52-ФЗ (последняя редакция). Доступ из справ.-правовой системы Гарант. Текст: электронный (дата обращения: 01.03.2022).
2. Pesticide toxicology. Evaluating safety and risk. Edited by Arlene Blessing, Purdue Pesticide Programs. Purdue university cooperative extension service; 2016. URL: <https://www.extension.purdue.edu/extmedia/PPP/PPP-40.pdf> (дата обращения: 31.01.2022).
3. Мухачев С.Г., Санчугова А.А., Сафандеев В.В. Экологические проблемы на примере строительства объектов Универсиады-2013. Механизмы обеспечения экологической безопасности: российский и зарубежный опыт: Материалы Международной научно-практической конференции. Казань: Познание; 2013; 94-97.

4. Сафандеев В.В., Колачева А.А., Угрюмов М.В. Оценка метаболизма катехоламинов в периферических органах как показатель их десимпатизации под влиянием нейротоксинов. Доклады Академии наук: Российская академия наук. 2019; 486(1): 118-122. DOI: 10.31857/S0869-56524861118-122.
5. Сафандеев В.В., Угрюмов М.В. Новый подход к оценке степени деградации нигростриатной дофаминергической системы на экспериментальной модели болезни Паркинсона. Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова: ООО «ИКЦ «Академкнига». 2019; 69(3): 382-392. DOI: 10.1134/S0044467719030122.
6. МУ. Руководство Р 1.2.3156-13. Оценка токсичности и опасности химических веществ и их смесей для здоровья человека. 2014; 639.
7. Сафандеев В.В. Экологическое воспитание дошкольников: Учебно-методическое пособие: МАСКА. 2015; 250. ISBN 978-5-9906617-2-1.
8. Максимов Г.Г. Промышленная токсикология: учебное пособие для вузов. 2021; 182.
9. Choudri B.S., Charabi Y. Pesticides and herbicides. 2019; 91: 1342-1349. DOI: 10.1002/wer.1227.
10. Прикладная токсикология. 1. 2012;368.
11. Phillips J.E., Zhang Xuxia, Johnston J.A. Dry Powder and Nebulized Aerosol Inhalation of Pharmaceuticals Delivered to Mice Using a Nose-only Exposure System. Journal of Visualized Experiments. 2017; 122:10. DOI:10.3791/55454.
12. Jang Y. Towards a strategic approaches in alternative tests for pesticide safety. Toxicology Research. 2014; 30: 159-68. DOI: 10.5487/TR.2014.30.3.159.
13. Лаборатория прикладной токсикологии и фармакологии. Toxicology.ru URL: [http://www.toxicology.ru/razdels/labs\\_2.phtml](http://www.toxicology.ru/razdels/labs_2.phtml) (дата обращения: 20.04.2022).
14. Гене Ш.Г., Латука Ф.А. Камера для ингаляционной затравки лабораторных животных жидкими аэрозолями. Патент СССР 1219338/30-15. 14.11.1968.
15. Северо-западный научный центр гигиены и общественного здоровья. S-znc.ru URL: <https://s-znc.ru/uslugi/ispitatelnyj-laboratornyj-centr/vidy-provodimykh-issledovanij/> (дата обращения: 20.04.2022).
16. ФМБЦ имени А.И. Бурназяна ФМБА России. URL: <https://fmbafmbc.ru/scientific-activities/research-unit/department-of-hygiene-toxicology-occupational-pathology-and-display-when-working-with-components-of-/laboratory-of-industrial-toxicology/> (дата обращения: 20.04.2022).
17. ГОСТ 33216-2014. Межгосударственный стандарт. Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными. Правила содержания и ухода за лабораторными грызунами и кроликами. Доступ из справ.-правовой системы Гарант. Текст: электронный. (дата обращения: 01.03.2022).
18. Сафандеев В.В., Лопатина М.В. Влияние ограниченного и неограниченного употребления корма на массу линейных и нелинейных животных. Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2019; 7: 71-75. DOI: 10.26155/vet.zoo.bio.201907011.
19. ГОСТ 33044-2014. Межгосударственный стандарт. Принципы надлежащей лабораторной практики. Доступ из справ.-правовой системы Гарант. Текст: электронный. (дата обращения: 01.03.2022).

20. Vera Barrantes. Национальные регистры и перечни химических веществ: преимущества и подходы к созданию. Европейское региональное бюро ВОЗ. 2018; 96.
21. Directive 2010/63/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on the protection of animals used for scientific purposes, of 22 September 2010. URL: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:276:0033:0079:en:PDF> (дата обращения: 30.01.2022).
22. OECD series on principles of Good Laboratory Practice and compliance monitoring, № 1, ENV/MC/CHEM (98)17. «Principles on Good Laboratory Practice». URL: [https://one.oecd.org/document/ENV/MC/CHEM\(98\)17/en/pdf](https://one.oecd.org/document/ENV/MC/CHEM(98)17/en/pdf) (дата обращения: 30.01.2022).
23. OECD (2009), Test № 436: Acute Inhalation Toxicity – Acute Toxic Class Method, OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 4, OECD Publishing, Paris. URL: <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/9789264076037-en.pdf?expires=1643612894&id=id&accname=guest&checksum=ED5DE61CED205C6DAC6A956C2A36F6E1> (дата обращения: 30.01.2022).
24. Краснюк И.И. и др. Фармацевтическая технология. Технология лекарственных форм. 2021; 656.

#### References:

1. Federal Law «On the sanitary and epidemiological well-being of the population» dated March 30, 1999 №52-FZ (latest edition). Access from the legal system Garant. Text: electronic. (date of access: 03/01/2022)
2. Pesticide toxicity. Evaluating safety and risk. Edited by Arlene Blessing, Purdue Pesticide Programs. Purdue university cooperative extension service; 2016. URL: <https://www.extension.purdue.edu/extmedia/PPP/PPP-40.pdf> (date of access: 01/31/2022).
3. Mukhachev S.G., Sanchugova A.A., Safandeev V.V. Environmental problems on the example of the construction of Universiade-2013 facilities. Mechanisms for ensuring environmental safety: Russian and foreign experience: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. Kazan: Cognition. 2013; 94-97.
4. Safandeev V.V., Kolacheva A.A., Ugryumov M.V. J. Surf. Estimation of metabolism of catecholamines in peripheral organs as an indicator of their desympathization under the influence of neurotoxins. Reports of the Academy of Sciences: The Russian Academy of Sciences. 2019; 486 (1): 118-122. DOI: 10.31857/S0869-56524861118-122.
5. Safandeev V.V., Ugryumov M.V. A new approach to assessing the degree of degradation of the nigrostriatal dopaminergic system in an experimental model of Parkinson's disease. Journal of Higher Nervous Activity. I.P. Pavlova: LLC «ECC» Akademykniga». 2019; 69 (3): 382-392. DOI: 10.1134/S0044467719030122.
6. MU. Guideline R 1.2.3156-13. Evaluation of toxicity and danger of chemicals and their mixtures for human health. Moscow publishing house «Federal Center for Hygiene and Epidemiology»; 2014; 639.

7. Safandeev V.V. Ecological education of preschoolers: Educational and methodological manual: MASK. 2015; 250. ISBN 978-5-9906617-2-1.
8. Maksimov G.G. Industrial toxicology: textbook for universities. 2021; 182.
9. Choudry B.S., Charabi Y. Pesticides and herbicides. 2019; 91: 1342–1349. DOI: 10.1002/wer.1227.
10. Applied toxicology. 1. 2012; 368.
11. Phillips J.E., Zhang Xuxia, Johnston J.A. Dry Powder and Nebulized Aerosol Inhalation of Pharmaceuticals Delivered to Mice Using a Nose-only Exposure System. Journal of Visualized Experiments. 2017; 122:10. DOI: 10.3791/55454.
12. Jang Y. Towards a strategic approach in alternative tests for pesticide safety. Toxicology Research. 2014; 30: 159-68. DOI: 10.5487/TR.2014.30.3.159.
13. Laboratory of Applied Toxicology and Pharmacology. Toxicology.ru URL: [http://www.toxicology.ru/razdels/labs\\_2.phtml](http://www.toxicology.ru/razdels/labs_2.phtml) (date of access: 20.04.2022).
14. Gene Sh.G., Latuka F.A. Chamber for inhalation seeding of laboratory animals with liquid aerosols. USSR patent 1219338/30-15. 11/14/1968.
15. Northwestern Scientific Center for Hygiene and Public Health. S-znc.ru URL: <https://s-znc.ru/uslugi/ispitatelnyj-laboratornyj-centr/vidy-provodimykh-issledovaniy/> (date of access: 20.04.2022).
16. FMBC named after A.I. Burnazyan FMBA of Russia. URL: <https://fmbafmbc.ru/scientific-activities/research-unit/department-of-hygiene-toxicology-occupational-pathology-and-display-when-working-with-components-of-laboratory-of-industrial-toxicology/> (date of access: 04/20/2022).
17. GOST 33216-2014. Interstate standard. Guidelines for the maintenance and care of laboratory animals. Rules for the maintenance and care of laboratory rodents and rabbits. Access from the legal system Garant. Text: electronic. (date of access: 03/01/2022).
18. Safandeev V.V., Lopatina M.V. Influence of limited and unrestricted food intake on the mass of linear and non-linear animals. Veterinary science, zootechnics and biotechnology. 2019; 7: 71-75. DOI: 10.26155/vet.zoo.bio.201907011.
19. GOST 33044-2014. Interstate standard. Principles of Good Laboratory Practice. Access from sprav.-legal system Garant. Text: electronic. (date of access: 03/01/2022).
20. Vera Barrantes, et al. National registers and lists of chemicals: advantages and approaches to creation. WHO Regional Office for Europe, 2018; 96.
21. Directive 2010/63/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on the protection of animals used for scientific purposes, of 22 September 2010. URL: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:276:0033:0079:en:PDF> (date of access: 01/30/2022).
22. OECD series on principles of Good Laboratory Practice and compliance monitoring, Number 1, ENV/MC/CHEM (98)17. «Principles on Good Laboratory Practice». URL: [https://one.oecd.org/document/ENV/MC/CHEM\(98\)17/en/pdf](https://one.oecd.org/document/ENV/MC/CHEM(98)17/en/pdf) (date of access: 30.01.2022).
23. OECD (2009), Test №436: Acute Inhalation Toxicity – Acute Toxic Class Method, OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 4, OECD Publishing, Paris, URL: <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/9789264076037-en.pdf?expires>

=1643612894&id=id&accname=guest&checksum=ED5DE61CED205C6DAC6A956C2A36F6E1  
(date of access: 01/30/2022).

24. Krasnyuk I.I., et al. Pharmaceutical technology. Technology of dosage forms. 2021; 656.

Поступила/Received: 11.05.2022

Принята в печать/Accepted: 19.05.2022

УДК 303.447.32 + 57.081.2 + 57.084.1 + 615.9

## СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ОСТРОЙ ИНГАЛЯЦИОННОЙ ТОКСИЧНОСТИ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУШНОЙ СРЕДЕ НА ПРИМЕРЕ ПРОИЗВОДНОГО ГИДРОКСИКУМАРИНА

Сафандеев В.В., Белоедова Н.С., Порошин М.А., Сеницкая Т.А.

ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека

*Стремление России вступить в ОЭСР, объединившую 37 наиболее развитых стран мира, привело к «подтягиванию» отечественной научно-исследовательской и аналитической работы до мирового уровня [1]. Это, в частности, означало, что токсикологические исследования, «переживавшие кризис», заключающийся в отсутствии современной высокотехнологичной материальной базы и адекватной методологии исследований в российских испытательных центрах, наконец-то увидят просвет. В попытке быть наравне со странами-членами ОЭСР, аккредитованные испытательные центры стали стремительно приобретать современное высокотехнологичное и высокопрециозное оборудование. Это приобретение обнажило две важнейшие проблемы – отсутствие обученных специалистов, которые могли бы работать на закупленном оборудовании, и отсутствие методических подходов при работе на обозначенном оборудовании.*

**Цель** исследования состояла в разработке методических подходов при работе на ультрасовременном оборудовании для изучения токсичности химических веществ в воздушной среде на примере производного гидроксикумарина.

**Материалы и методы.** С помощью установки для экспонирования крыс по типу «голова-нос» было проведено исследование нескольких концентраций гликолевого раствора производного гидроксикумарина. Оценивали воздействие аэрозоля на животных с помощью методов фиксирующей инспекции (изменение внешнего вида, характера выделений и пр.), автоматической оценки/анализа моторной и исследовательской компонент поведения, посмертного вскрытия с фотофиксацией. Статистическую обработку данных для оценки однородности выборки и определения значимости различий проводили с помощью F-критерия и t-теста Стьюдента.

**Результаты исследования.** Был разработан оптимальный методический подход для токсикологических исследований гликолевого раствора производного гидроксикумарина в системе экспонирования по типу «голова-нос». На основе данных инспекции были описаны признаки интоксикации после ингаляционной заправки животных и случаи летальных исходов. Результаты показали, что  $ЛК_{50}$  гликолевого раствора производного гидроксикумарина для самок и самцов крыс составил  $2394 \pm 30$  мг/м<sup>3</sup> и  $3573 \pm 80$  мг/м<sup>3</sup> соответственно.

Проведенное исследование дополняет данные по ингаляционной токсичности родентицидов, а примененные в исследовании подходы могут быть адаптированы при оценке токсичности других групп веществ.

**Ключевые слова:** ингаляционная токсичность,  $LK_{50}$ , родентициды, производное гидроксикумарина, система экспонирования по типу «голова-нос», оценка поведения.

**Для цитирования:** Сафандеев В.В., Белоедова Н.С., Порошин М.А., Сеницкая Т.А. Современные подходы к оценке острой ингаляционной токсичности химических веществ в воздушной среде на примере производного гидроксикумарина. Медицина труда и экология человека. 2022;2:205-223.

**Для корреспонденции:** Сафандеев Виталий Васильевич, заведующий отделом ингаляционной токсикологии ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, e-mail: Visa.doc@mail.ru

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

**Конфликт интересов:** авторы данной статьи сообщают об отсутствии конфликта интересов.

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2022-10215>

## MODERN APPROACHES TO THE EVALUATION OF ACUTE INHALATION TOXICITY OF CHEMICALS IN THE AIR ENVIRONMENT (BASED ON THE HYDROXYCUMARIN DERIVATIVE)

V.V. Safandeev<sup>1</sup>, N.S. Beloedova<sup>1</sup>, M.A. Poroshin<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>F.F. Erisman Federal Scientific Center of Hygiene of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-being

*Russia's desire to join the OECD, which unites 37 of the most developed countries of the world, brings about the need for domestic research and analytical work to achieve the world level [1]. This, in particular, meant that toxicological research, «surviving a crisis» consisting in the absence of a modern high-tech material base and an adequate research methodology in Russian biological testing laboratory, would finally improve their position. In an attempt to be on a par with OECD member countries, accredited biological testing laboratory have rapidly acquired modern high-tech and high-precision equipment. Its acquisition revealed two major problems – the lack of trained specialists who could work on the purchased equipment, and the lack of methodological approaches when working on the designated equipment. The purpose of the study was to develop methodological approaches when working on ultra-modern equipment for studying the toxicity of chemicals (e.g. hydroxycoumarin derivative) in the work environment air.*

**Materials and methods.** Several concentrations of a glycol solution of a hydroxycoumarin derivative were tested using a «head/nose-only» aerosol exposure system for rats. The impact of the aerosol on animals was assessed using the methods of fixing inspection (change in appearance, nature of secretions, etc.), automatic assessment/analysis of the motor and exploratory components of behavior, and post-mortem autopsy with photofixation. Statistical processing of

data to assess the homogeneity of the sample and determine the significance of differences was carried out using the F-test and Student's t-test.

**Research results.** An optimal methodological approach was developed for toxicological studies of a glycol solution of a hydroxycoumarin derivative on a «head/nose-only» aerosol exposure system. On the basis of inspection data, signs of intoxication after inhalation inoculation of animals and cases of lethal outcomes were described. The results showed that the  $CL_{50}$  of the glycol solution of the hydroxycoumarin derivative for female and male rats was  $2394 \pm 30 \text{ mg/m}^3$  and  $3573 \pm 80 \text{ mg/m}^3$ , respectively.

The conducted study complements the data on the inhalation toxicity of rodenticides, and the approaches used in the study can be adapted when assessing the toxicity of other groups of substances.

**Keywords:** inhalation toxicity,  $CL_{50}$ , rodenticide, hydroxycoumarin derivative, «head/nose-only» aerosol exposure system, behavioral testing.

**Citation:** V.V. Safandeev, N.S. Beloedova, M.A. Poroshin. Modern approaches to the evaluation of acute inhalation toxicity of chemicals in the air environment (based on the hydroxycoumarin derivative). *Occupational health and human ecology*. 2022;2:205-223.

**Correspondence:** Vitaliy V. Safandeev, Head of the Department of Inhalation Toxicology, the Erisman Federal Scientific Centre of Hygiene. e-mail: Visa.doc@mail.ru

**Financing:** The study had no financial support.

**Conflict of interest:** The author declares no conflict of interest.

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2022-10215>

Ежегодно синтезируется несколько тысяч и вводится в практику несколько сотен новых химических веществ (ХВ), используемых не только в быту, но и в сельском хозяйстве [2]. Разработка научно обоснованных методов анализа и оценки ингаляционной опасности ХВ, используемых в быту и сельском хозяйстве, включая пестициды, играет важную роль в сохранении не только здоровья населения, но и в защите окружающей нас среды [3, 4, 5]. Особое значение приобретает оценка опасности такого класса пестицидов, как родентициды, поскольку все яды для грызунов очень токсичны как при употреблении в пищу, так и при их вдыхании [6, 7]. Родентициды изготавливают преимущественно в виде приманок, которые привлекают к себе животных. Целью исследования явилась разработка методических подходов при работе на ультрасовременном оборудовании для изучения токсичности химических веществ в воздухе рабочей зоны на примере родентицида, производного гидроксикумарина. Производное гидроксикумарина относится к группе ХВ, которые останавливают нормальное свертывание крови [8].

Для достижения цели необходимо было решить ряд задач: подготовить тест-объекты, провести оценку и анализ их поведения для распределения и нормирования групп, провести затравку (экспозицию) ХВ животных, оценить состояние животных после затравки. По окончании эксперимента, а также если в процессе него фиксировали гибель животных, оценивали макроскопические изменения внутренних органов с последующим

установлением класса опасности гликолевого раствора в соответствии с Гигиенической классификацией пестицидов [8].

#### **Материалы и методы**

**Тест-система.** В качестве тест-системы были использованы белые аутбредные крысы (филиал питомника «Андреевка» ФГБУН НЦБМТ ФМБА России). Животные после прибытия из питомника находились в помещении карантина вивария в течение 7 суток. После карантина животные в течение 5 суток были акклиматизированы к условиям содержания вивария.

**Условия содержания.** Животных после прибытия из питомника содержали в полипропиленовых клетках (Италия), обогащенных средой, в соответствии с ГОСТ 33216-2014 [9]. Акклиматизация животных проходила в стандартных условиях вивария под контролем установленных диспетчерской системой параметров (температура  $22\pm 2^\circ\text{C}$ , влажность 40-60%) с 12-часовым искусственным световым циклом день/ночь ( $6^{00}/18^{00}$ ) при доступе к воде и пище ad libitum [10]. Поставщик гранулированного стандартизированного корма – ООО «Лабораторкорм» (Москва), вода – из станции водоочистки (Miele, Италия).

В каждой клетке до рассадки находилось шесть животных, после рассадки – по три животных одного пола, в совокупности занимавших менее 5% от объема всей клетки.

Эксперименты выполняли в промежутке с 12 до 16 ч. Все манипуляции с животными проводили в соответствии с национальными [11] и международными [12, 13, 14] руководствами и положениями протокола, утвержденного комитетом по биоэтике Института гигиены, токсикологии пестицидов и химической безопасности ФНЦГ им. Эрисмана Роспотребнадзора.

**Выборка и идентификация животных.** Для рандомизации и выравнивания групп животных в настоящем исследовании были приручены, а затем оценены с помощью анализа поведения 32 животных, промаркированных нетоксичным цветным маркером (ID), в автоматизированном тесте «открытое поле» (Columbus Instruments, США) и «норковом тесте» (Columbus Instruments, США), снабженных автоматическими анализаторами (Opto-Varimex-5 Auto-Track, США).

Исходя из проанализированных данных, для последующей оценки двух концентраций гликолевого раствора производного гидроксикумарина было отобрано 12 животных ( $n=6\text{♂}/6\text{♀}$ ), по три самки и три самца на каждую концентрацию (первая и вторая группы животных). Все самки были нерожавшими и небеременными.

Каждая клетка была промаркирована так, чтобы можно было понять основные детали эксперимента: номер клетки, пол животных и их количество, концентрацию использованного раствора.

**Контрольные животные.** Контрольная группа животных в эксперименте участия не принимала, так как в качестве растворителя была использована дистиллированная вода.

**Тестирование поведения.** Этологическую оценку проводили с помощью автоматизированных камер (Columbus Instruments, США) с анализаторами активности (Opto-Varimex-5 Auto-Track, США) моторной и исследовательской компонент, а также последующей

автоматизированной программной постобработкой (на базе пакета Microsoft Office, Excel, 2019).

Камера автоматизированной оценки моторного поведения (рис. 1) позволила оценить эффективность аэрозоля родентицида по параметрам пройденного пути (см), времени без движения (сек), времени стереотипных и амбулаторных движений (сек), отношению времени пребывания в центре и на периферии (сек). Наиболее важным параметром среди них мы считали оценку пройденного пути, которая характеризует общую степень моторной активности животных.

Камера автоматизированной оценки исследовательского поведения (рис. 2) позволила подсчитать количество вертикальных стоек и количество «ныряний» в «норковом тесте». В данном случае наиболее важным параметром среди перечисленных мы считали количество «ныряний» в «норковом тесте», поскольку этот параметр зависит исключительно от исследовательского настроения (любопытности) животных.

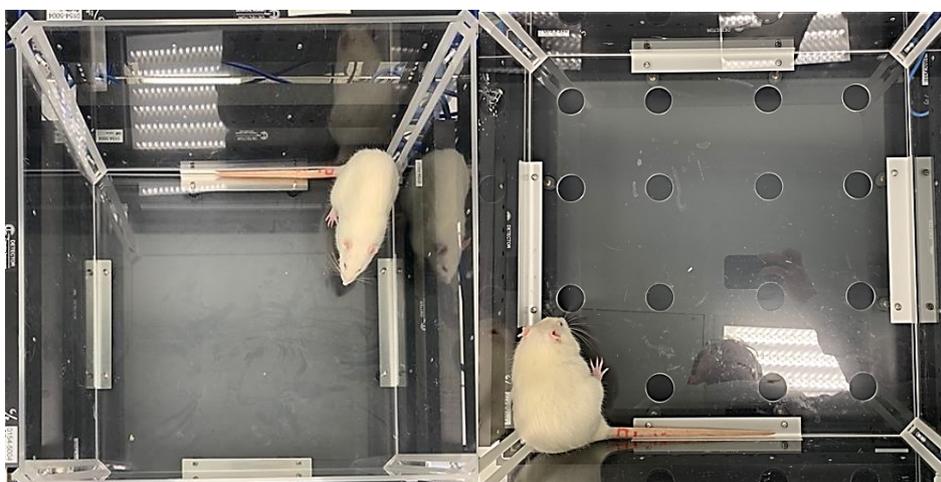


Рис. 1. Клетка теста «открытое поле»

Рис. 2. Клетка «норкового теста»

Figure 1. Open field test cell

Figure 2. Mink dough cage

Все показатели в тесте «открытое поле» и в «норковом тесте», согласно ранее описанному методу [15], регистрировали в течение 15 минут. Показатели фиксировали три раза: за сутки до эксперимента, на следующие сутки и через 14 суток после эксперимента.

**Путь введения и подбор доз.** Экспериментальные работы были начаты с подбора дозы и создания режима постоянной концентрации аэрозоля. Для этого после разведения аэрозоля до 70% концентрации фиксировали время оседания действующего вещества в емкости (стабильность приготовленного раствора производного гидроксикумарина).

В данной работе был выбран ингаляционный путь введения, согласно возможному пути поступления раствора производного гидроксикумарина воздушным путем при его контакте с человеком.

Подбор доз производного гидроксикумарина для затравки осуществляли исходя из литературных данных и затем экспериментально. В соответствии с инструкцией по

использованию камеры была произведена калибровка затравочного блока ингаляционной установки начальной дозой раствора (1000 мг/м<sup>3</sup>), которая достигалась и выверялась гравиметрическим методом.

В настоящем исследовании, исходя из литературных данных, испытывали две концентрации раствора - 1100±30 и 2800±80 мг/м<sup>3</sup>.

**Ингаляционная затравка.** Воздействие гликолевого раствора производного гидроксикумарина осуществляли в специализированной сертифицированной системе экспонирования «голова-нос» (TSE Systems, Германия; см. рисунок 3).

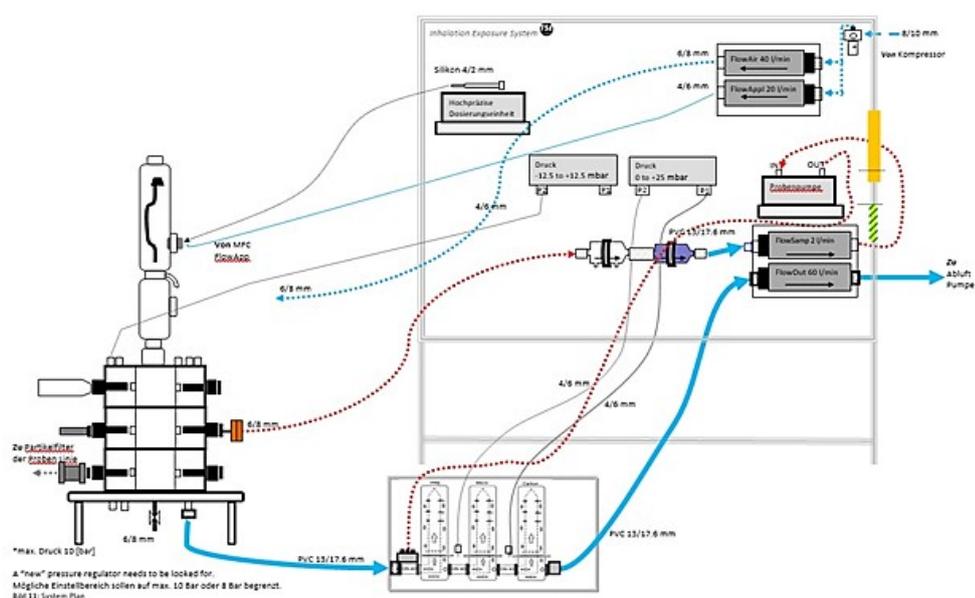


Рис. 3. Схема камеры «голова-нос» (TSE Systems, Германия)

Figure 3. Diagram of a head and nose chamber (TSE Systems, Germany)

**Генерирование аэрозоля и введение исследуемых концентраций препарата.**

Необходимой концентрации достигали в ходе предварительных испытаний без лабораторных животных. В рамках предварительных испытаний устанавливался расчетный параметр для генерирования аэрозоля ( $V_{dose}$ ), который затем корректировали в зависимости от фактической концентрации, относительно предыдущей попытки до тех пор, пока не будет достигнуто необходимое значение концентрации (табл. 3).

Данные о фактической концентрации и размере частиц были получены при помощи каскадного импактора. Фактическая концентрация ( $C_{fact}$ ) аэрозоля была рассчитана с учетом поправки на концентрацию гликолевого раствора производного гидроксикумарина.

**Воздушные потоки в камере.** Характеристики камеры приведены в таблице 1.

В камеру подавали чистый сухой воздух со скоростью 16,5 л/мин (из них 15 л/мин для смешивания с раствором (Flow Appl) и 1,5 л/мин для создания равномерного ламинарного потока аэрозоля (Flow Air). Воздушные потоки, а также температура в камере в течение

четырёхчасового воздействия фиксировались ПО DACO (Германия) ежеминутно. Время экспозиции на крысах составило 4 ч.

**Гранулометрический состав.** Данные о фактической концентрации и размере частиц были получены при помощи каскадного импактора. Отбор проб осуществляли в течение 10 минут при скорости отбора проб 0,5 л/мин. Исследовали 70% раствор производного гидроксикумарина в эксперименте №1 (первая группа животных) и 90% раствор в эксперименте №2 (вторая группа животных).

**Симптомы интоксикации и летальные исходы животных.** У животных оценивали проявления интоксикации и при наличии фиксировали летальные исходы (см. таблицу 4) в различные интервалы: во время экспозиции, на протяжении суток после экспозиции и в течение последующих 14 суток дважды (утром и вечером). Оценивали следующие проявления: изменения шерсти и кожных покровов, состояние органов зрения и слизистых оболочек, изменения со стороны дыхательной, сердечно-сосудистой и нервной систем, моторное и исследовательское поведение. Особое внимание обращали на возможность появления тремора, конвульсий, саливации, диареи, летаргии и комы. Фиксировали появление, прогрессирование и исчезновение симптомов интоксикации.

Изменение поведения оценивали на первые и четырнадцатые сутки с момента затравки в «открытом поле» (моторная компонента) и «норковом тесте» (исследовательская компонента).

**Некропсия и гистопатология.** После гибели животных проводили их вскрытие и макроскопическую оценку с фотофиксацией.

**Статистика и расчет среднесмертельной концентрации.** Полученные данные обрабатывали статистически с помощью F-теста для оценки однородности выборки и t-теста Стьюдента для определения достоверности различий. Для этого использовали ПО GraphPad Prism (Version 5.0, GraphPad Software, США) и Excel (Microsoft Corporation, 2019, США).

Расчет среднесмертельной концентрации осуществляли с использованием пробит-анализа Литчфилда-Уилкоксона в модификации Прозоровского [16].

## Результаты

**Изучение стабильности препаративной формы.** Исследованный гликолевый раствор не выпадал в осадок по истечении четырехчасового периода наблюдения.

**Параметры затравочной камеры.** Значения скорости потока воздуха, температуры и относительной влажности приведены в таблице 1. Воздушные потоки в камере определяли исходя из значений Flow Appl и Flow Air (л/мин). В течение четырехчасового воздействия были получены следующие значения:

Таблица 1

## Параметры затравочной камеры

Table 1

## Parameters of the seed chamber

Группы животных	Температура, °С	Влажность, %	Flow Appl, л/мин	Flow Air, л/мин
№1	22,0±0,3	62,0±2,8	14,97±0,05	1,50±0,01
№2	22,0±0,2	67,0±2,9	14,98±0,04	1,50±0,01

**Гранулометрический состав и фактическая концентрация.** По результатам отбора проб во время экспозиций были получены параметры гранулометрического состава. Распределение медианы аэродинамического диаметра масс частиц (MMAD) для двух диапазонов измерений составил 1,27 и 1,30 мкм. Геометрическое стандартное отклонение (GSD) составило 1,64 и 2,06 соответственно (табл. 2).

Таблица 2

## Гранулометрический состав и достигнутая концентрация

Table 2

## Particle size distribution and concentration achieved

Группы	Достигнутая концентрация, мг/л	Медианы аэродинамического диаметра масс частиц (MMAD, мкм)	Геометрическое стандартное отклонение (GSD)
Основной эксперимент №1	1,1	1,27	1,64
Основной эксперимент №2	2,8	1,30	2,06

Для проведения исследования после предварительных испытаний были выбраны скорости введения вещества ( $V_{dose}$ ): 1,903 мл/мин для достижения концентрации  $1100 \pm 30$  мг/м<sup>3</sup> (см. таблицу 3А) и 7,402 мл/мин для достижения концентрации  $2800 \pm 80$  мг/м<sup>3</sup> (см. таблицу 3Б).

Таблица 3А

## Анализ концентрации и размера частиц

Table 3A

## Particle concentration and size analysis

Основной эксперимент №1. Целевая концентрация 1000 мг/м <sup>3</sup>					
№ ступени	Диаметр форсунок, мкм	Корректирующий коэффициент			
		1,000	0,615	0,544	1,088
		Масса нетто инъекционных тарелок, мг			
1	4,9	0,1	0	0	0,1
2	3,9	3,5	1,5	1,5	2,0
3	1,4	4,9	3,2	2,6	3,0
4	1,3	2,8	1,9	1,3	1,5
5	0,63	1,6	1,3	0,8	1,1
6	0,49	0,4	1,3	0,2	0,1
7	0,15	0,1	0	0	0
Фильтр	0,00	0,3	0	0	0,1
C <sub>fact</sub> , мг/м <sup>3</sup>		2749	1288	0896	1092
V <sub>dose</sub> , мл/мин		3,661	2,253	1,749	1,903

Таблица 3Б

## Анализ концентрации и размера частиц

Table 3B

## Particle concentration and size analysis

Основной эксперимент №2. Целевая концентрация 3000 мг/м <sup>3</sup>			
№ ступени	Диаметр форсунок, мкм	Корректирующий коэффициент	
		1,000	1,219
		Масса нетто инъекционных тарелок, мг	
1	4,9	0	0,2
2	3,9	0,4	2,2
3	1,4	1,5	2,8
4	1,3	0,9	2,1
5	0,63	0,5	0,6
6	0,49	0,2	0
7	0,15	0	0,1
Фильтр	0,00	0,2	0
C <sub>fact</sub> , мг/м <sup>3</sup>		2460	2800
V <sub>dose</sub> , мл/мин		6,072	7,402

**Симптомы интоксикации.** В течение первых суток у крыс, получивших аэрозоль в концентрации 1100±30 мг/м<sup>3</sup> (группа животных №1), отмечали покраснение глаз, окрашивание мордочки, носа и шерсти околоносовой части в синий цвет, чихание и активное умывание (груминг). Окрашивание и покраснение глаз нивелировалось на вторые сутки наблюдения после экспозиции.

В группе животных №2, получивших аэрозоль в концентрации 2800±80 мг/м<sup>3</sup>, сразу после экспозиции наблюдали: покраснение глаз, вялость, малоподвижность, скученность в углу клетки, окрашивание мордочки, носа и шерсти околоносовой части в синий цвет. Окрашивание и покраснение глаз нивелировалось на вторые сутки наблюдения после экспозиции.

Других симптомов интоксикации не наблюдали ни в один из дней эксперимента.

**Анализ поведения.** Автоматизированный анализ поведения показал увеличение моторной активности животных группы №1 (N1) на следующие сутки после затравки (S2) по

сравнению с днем до затравки (S1,  $p \leq 0,05$ ). К 14-м суткам после затравки (S3) оцениваемые показатели вернулись к контрольным значениям (доэкспозиционным). При этом реципрочно снизилось исследовательское поведение (H2,  $p \leq 0,05$ ) животных данной группы (рис. 4).

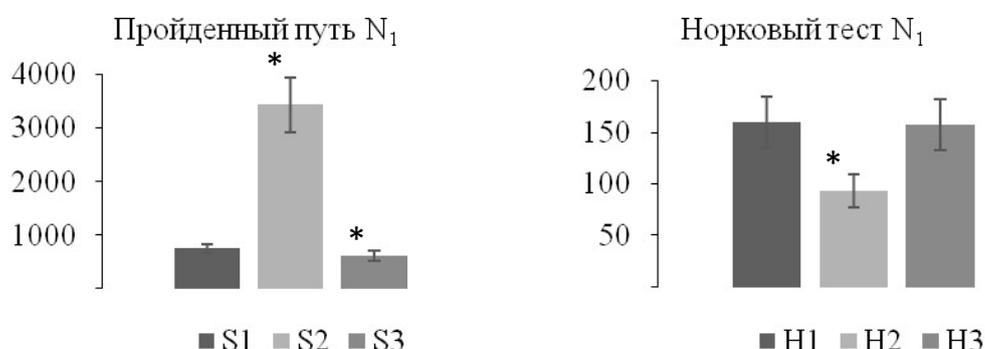


Рис. 4. Пройденный путь и «норковый тест» животных группы №1

\* –  $p \leq 0,05$  – значимые различия результатов второй (S2/H2) и третьей (S3) оценок поведения по отношению к первой (фоновой, S1) оценке результатов.

N<sub>1</sub> – группа крыс с экспозицией препарата 1100±30 (мг/м<sup>3</sup>); N<sub>2</sub> – группа крыс с экспозицией препарата 2800±80 (мг/м<sup>3</sup>); S1 – пройденный путь до экспозиции (см); S2 – пройденный путь на следующие сутки после экспозиции (см); S3 – пройденный путь на 14-е сутки после экспозиции (см); H1 – «норковый тест» до экспозиции (количество событий); H2 – «норковый тест» на следующие сутки после экспозиции (количество событий); H3 – «норковый тест» на 14-е сутки после экспозиции (количество событий).

Figure 4. Distance traveled and mink test of Group 1 animals

\* -  $p \leq 0,05$  - significant differences in the results of the second (S2 / H2) and third (S3) assessments of behavior in relation to the first (background, S1) assessment of the results.

N1 – group of rats with drug exposure 1100±30 (mg/m<sup>3</sup>); N2 – group of rats with drug exposure 2800±80 (mg/m<sup>3</sup>); S1 is the distance traveled to the exposure (cm); S2 is the distance traveled on the next day after exposure (cm); S3 is the distance traveled on the 14th day after exposure (cm); H1 – mink test before exposure (number of events); H2 – mink test on the next day after exposure (number of events); H3 – mink test on day 14 after exposure (number of events).

В группе животных №2 (N<sub>2</sub>) моторное и исследовательское поведение снижалось неуклонно, вплоть до 14 суток после экспозиции (см. S3 и H3, рисунок 5, оценено для выживших животных).

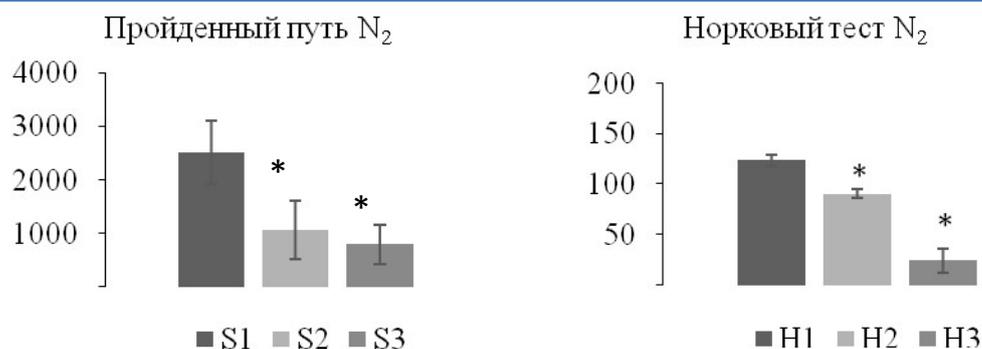


Рис. 5. Пройденный путь и «норковый тест» животных группы №2

\* –  $p \leq 0,05$  – значимые различия результатов второй (S2/H2) и третьей (S3) оценок поведения по отношению к первой (фоновой, S1) оценке результатов.

N<sub>1</sub> – группа крыс с экспозицией препарата  $1100 \pm 30$  (мг/м<sup>3</sup>); N<sub>2</sub> – группа крыс с экспозицией препарата  $2800 \pm 80$  (мг/м<sup>3</sup>); S1 – пройденный путь до экспозиции (см); S2 – пройденный путь на следующие сутки после экспозиции (см); S3 – пройденный путь на 14-е сутки после экспозиции (см); H1 – «норковый тест» до экспозиции (количество событий); H2 – «норковый тест» на следующие сутки после экспозиции (количество событий); H3 – «норковый тест» на 14-е сутки после экспозиции (количество событий).

Figure 5. Distance traveled and mink test of group 2 animals

\* -  $p \leq 0,05$  - significant differences in the results of the second (S2 / H2) and third (S3) assessments of behavior in relation to the first (background, S1) assessment of the results.

N<sub>1</sub> – group of rats with drug exposure  $1100 \pm 30$  (mg/m<sup>3</sup>); N<sub>2</sub> – group of rats with drug exposure  $2800 \pm 80$  (mg/m<sup>3</sup>); S1 is the distance traveled to the exposure (cm); S2 is the distance traveled on the next day after exposure (cm); S3 is the distance traveled on the 14th day after exposure (cm); H1 – mink test before exposure (number of events); H2 – mink test on the next day after exposure (number of events); H3 – mink test on day 14 after exposure (number of events).

**Летальные исходы.** После экспозиции аэрозоля в концентрации  $1100 \pm 30$  мг/м<sup>3</sup> гибель животных не отмечали, а в концентрации  $2800 \pm 80$  мг/м<sup>3</sup> наблюдали гибель животных (1 ♂ / 2 ♀) на третьи сутки после экспозиции (табл. 4).

Таблица 4

## Летальные исходы животных

Table 4

## Lethal outcomes of animals

Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	Количество животных в группе (n)	Количество погибших животных в разные сроки проведения эксперимента			
		В процессе ингаляции и сразу после экспозиции	В постэкспозиционный период		Всего погибло животных
			1-е сутки	2-14 сутки	
1100	6	0	0	0	0
2800	6	0	0	3	3

**Данные некропсии и гистопатологии.** Все исследуемые животные были вскрыты. Явных патологических макроскопических признаков у животных в группе №1 не выявлено.

В группе животных №2 были выявлены: изменения со стороны печени – множественные гемorragии, очаги ишемии и фиброза (рис. 6), ишемия надпочечников, почек и селезенки, геморрагические очаги в корнях легких (рис. 7).

Большая часть полученных данных соответствует механизму действия производного гидроксикумарина, остальная часть полученных результатов нуждается в дополнительных исследованиях.



Рисунок 6. Печень животных группы №2

Figure 6. Group 2 liver



Рисунок 7. Легкие животных группы №2

Figure 7. Group 2 lungs

**Расчет среднесмертельной концентрации.** Результаты расчета среднесмертельной концентрации, который осуществлялся с использованием пробит-анализа по методу Прозоровского, представлен в таблице 5.

Таблица 5

## Расчет среднесмертельной концентрации

Table 5

## Calculation of the mean lethal concentration

Параметр, мг/м <sup>3</sup>	Самки	Самцы
LC <sub>16</sub>	1450	1775
LC <sub>50</sub>	2394	3573
LC <sub>84</sub>	3337	5370
LC <sub>100</sub>	3809	6269

**Обсуждение.** С каждым годом работы, в которых можно встретить использование животных в токсикологических экспериментах, становятся ценнее, поскольку в большинстве развитых стран ученые постепенно уходят от концепции использования большого числа животных, вплоть до отказа их использования. Однако животные по-прежнему являются единственной альтернативой эксперименту на людях [17]. Общепринято мнение, что использование животных в качестве моделей для оценки безопасности пестицидов предоставляет достоверную информацию, которая помогает сохранить здоровье всего населения [18].

В данном эксперименте для оценки острой ингаляционной токсичности были использованы крысы, которые являются вторыми по распространенности использования в токсикологических экспериментах после мышей [19]. Крысы являются удобными моделями для изучения острой ингаляционной токсичности: они более обучаемы, менее агрессивны и менее тревожны по сравнению с мышами.

Проведенные эксперименты на крысах были стандартизированы как контролированием однородности состава и качества принимаемых животными пищи и воды, так и достижением стандартизации абиотических факторов (света, скорости, влажности и температуры) их среды обитания и ингаляционного воздействия.

Объектом исследования был выбран гликолевый раствор производного гидроксикумарина, поскольку он широко используется в быту и сельском хозяйстве, а препараты на его основе преимущественно не имеют запаха и, следовательно, не могут быть вовремя распознаны работающими с ним лицами. Кроме того, у производного гидроксикумарина есть особенность – отдаленный эффект токсического воздействия [20].

Вот почему чрезвычайно важно определить полулетальную концентрацию производного гидроксикумарина в воздухе.

Ингаляционное воздействие на животных предполагало их предварительный трехдневный хендлинг для снижения стрессированности, а также обучение нахождению в стеклянных конусовидных цилиндрических камерах – пеналах для затравки. Однако, основываясь на литературных данных [21], было принято решение не обучать грызунов предварительному нахождению в стеклянных пеналах.

Как показали наши исследования, правильное использование ингаляционной системы от компании-производителя (TSE Systems, Германия) и адекватный подбор животных позволяет уберечь крыс от стресса и перегревания в процессе четырехчасового экспонирования в пеналах. Кроме того, светопрозрачная система позволяет фиксировать любые изменения, происходящие с животными, во время ингаляционной затравки.

Стоит отметить, что во время ингаляционной затравки для достаточного проникновения аэрозольных частиц в легкие подопытных животных важно подобрать оптимальный размер частиц аэрозоля (1-4 мкм). Такой подбор осуществляется изменением параметров системы (скорости воздушного потока, давления и пр.) в предварительном эксперименте и выверяется гравиметрическим методом, что и было проделано нами. Более того, указанные выше параметры размеров частиц аэрозоля укладываются в рекомендованный методикой OECD диапазон [14].

Использование после затравки, помимо фиксирующей инспекции, 15-минутной оценки поведения крыс позволило определить эффективность воздействия на них аэрозоля производного гидроксикумарина. Метод автоматизированной оценки поведения животных является объективным, поскольку не зависит от оператора, и обязательным, поскольку позволяет нормировать выборку животных до эксперимента, адекватно оценить недоступные глазу отклонения при проведении санитарно-токсикологической характеристики родентицидов.

Наш эксперимент показал, что аэрозоль в концентрации  $2394 \pm 30$  и  $3573 \pm 80$  мг/м<sup>3</sup> для самок и самцов соответственно вызывает гибель половины животных. Результаты, полученные в процессе патологоанатомического вскрытия и оценки состояния внутренних органов, свидетельствуют о соответствии механизма действия производного гидроксикумарина литературным данным.

**Заключение.** Были разработаны методические подходы при работе на современном оборудовании для изучения токсичности химических веществ в воздухе рабочей зоны на примере родентицида, производного гидроксикумарина. Основываясь на полученных результатах, был произведен расчет среднесмертельных концентраций (LC<sub>50</sub>) для особей крыс мужского и женского пола. Среднесмертельная концентрация гликолевого раствора производного гидроксикумарина в условиях однократного четырехчасового ингаляционного воздействия составила  $2394 \pm 30$  и  $3573 \pm 80$  мг/м<sup>3</sup> для самок и самцов соответственно, что соответствует 3 классу опасности, согласно действующей «Гигиенической классификации пестицидов по степени опасности» (Методические рекомендации № 2001/26 от 16.04.2001).

**Список литературы:**

1. Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации. Организация экономического сотрудничества и развития (ОЭСР). URL: <https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/307> (дата обращения: 05.05.2022). Текст: электронный.
2. Vera Barrantes. Национальные регистры и перечни химических веществ: преимущества и подходы к созданию. Copenhagen: Европейское региональное бюро ВОЗ. 2018; 96.
3. Choudri B.S., Charabi Y. Pesticides and herbicides. 2019; 91: 1342-1349. DOI: 10.1002/wer.1227.
4. Сафандеев В.В. Экологическое воспитание дошкольников: Учебно-методическое пособие: МАСКА. 2015; 250. ISBN 978-5-9906617-2-1.
5. Сафандеев В. В., Угрюмов М.В. Новый подход к оценке степени деградации нигростриатной дофаминергической системы на экспериментальной модели болезни Паркинсона. Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова: ООО «ИКЦ «Академкнига». 2019; 69(3): 382-392. DOI: 10.1134/S0044467719030122.
6. Analysis of rodenticide bait use; U.S Environmental Protection Agency, Office of Prevention, Pesticides, and Toxic Substances, U.S. Government Printing Office: Washington, DC. 2004. URL: <http://npic.orst.edu/factsheets/rodenticides.pdf> (дата обращения: 30.01.2022). – Текст: электронный.
7. Сеницкая Т.А. Изучение заболеваемости населения в условиях комбинированного воздействия пестицидов и тяжелых металлов. Проблемы гигиенической безопасности и управления факторами риска для здоровья населения. Научные труды ФНЦГ им.Ф.Ф. Эрисмана. Нижний Новгород. 2004; 14: 177-181.
8. Гигиеническая классификация пестицидов и агрохимикатов. Доступ из справ.-правовой системы Гарант. Текст: электронный. (дата обращения: 30.01.2022).
9. ГОСТ 33216-2014. Межгосударственный стандарт. Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными. Правила содержания и ухода за лабораторными грызунами и кроликами. Доступ из справ.-правовой системы Гарант. Текст: электронный. (дата обращения: 01.03.2022).
10. Сафандеев В.В., Лопатина М.В. Влияние ограниченного и неограниченного употребления корма на массу линейных и нелинейных животных. Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2019; 7: 71-75. DOI: 10.26155/vet.zoo.bio.201907011.
11. ГОСТ 33044-2014. Межгосударственный стандарт. Принципы надлежащей лабораторной практики. Доступ из справ.-правовой системы Гарант. Текст: электронный. (дата обращения: 01.03.2022).
12. Directive 2010/63/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on the protection of animals used for scientific purposes, of 22 September 2010. URL: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:276:0033:0079:en:PDF> (дата обращения: 30.01.2022).
13. OECD series on principles of Good Laboratory Practice and compliance monitoring, Number 1, ENV/MC/CHEM (98)17. «Principles on Good Laboratory Practice». URL:

- [https://one.oecd.org/document/ENV/MC/CHEM\(98\)17/en/pdf](https://one.oecd.org/document/ENV/MC/CHEM(98)17/en/pdf) (дата обращения: 30.01.2022).
14. OECD (2009), Test №436: Acute Inhalation Toxicity – Acute Toxic Class Method, OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 4, OECD Publishing, Paris. URL: <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/9789264076037-en.pdf?expires=1643612894&id=id&accname=guest&checksum=ED5DE61CED205C6DAC6A956C2A36F6E1> (дата обращения: 30.01.2022).
  15. Сафандеев В.В., Колачева А.А. Хронические модели доклинической и ранней клинической стадий болезни Паркинсона на мышах. Программа и научные труды Научной конференции молодых ученых по медицинской биологии ФГБУ ФНКЦ физико-химической медицины ФМБА. Москва: Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный научно-клинический центр физико-химической медицины Федерального медико-биологического агентства». 2016; 126-127.
  16. Прозоровский В.Б. Статистическая обработка результатов фармакологических исследований. ПФБН.2007; 3-4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/statisticheskaya-obrabotka-rezultatov-farmakologicheskikh-issledovaniy> (дата обращения: 31.01.2022).
  17. Walker R.L. Virtue Ethics and Laboratory Animal Research. ILAR Journal. 2019; 60(3): 415-423. DOI:10.1093/ilar/ilaa015.
  18. Jang Y. Towards a strategic approaches in alternative tests for pesticide safety. Toxicology Research. 2014; 30: 159-68. DOI: 10.5487/TR.2014.30.3.159.
  19. Feldman S.H., Easton D.N. Occupational Health and Safety: in The Laboratory Rat (Second Edition): American College of Laboratory Animal Medicine. 2006; 565-586. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780120749034500200> (дата обращения: 31.01.2022).
  20. Яковлев А.А., Бабич Н.В. Родентициды. Классификация, происхождение, особенности применения. Санкт-Петербург: ВИЗР. 2011; 63.
  21. Phillips J.E., Zhang Xu., Johnston J.A. Dry Powder and Nebulized Aerosol Inhalation of Pharmaceuticals Delivered to Mice Using a Nose-only Exposure System. Journal of Visualized Experiments. 2017; 122: 10. DOI: 10.3791/55454.

#### References:

1. Ministry of Digital Development, Communications and Mass Media of the Russian Federation. Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). URL: <https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/307>. Text: electronic.
2. Vera Barrantes, et al. National registers and lists of chemicals: advantages and approaches to creation. WHO Regional Office for Europe, 2018; 96.
3. Choudry B.S., Charabi Y. Pesticides and herbicides. 2019; 91: 1342–1349. DOI: 10.1002/wer.1227.
4. Safandeev V.V. Ecological education of preschoolers: Educational and methodological manual: MASK. 2015; 250. ISBN 978-5-9906617-2-1.
5. Safandeev V.V., Ugryumov M.V. A new approach to assessing the degree of degradation of the nigrostriatal dopaminergic system in an experimental model of Parkinson's disease.

- ZhurnalVyshey Nervnoy Deyatelnosti I.P. Pavlova: LLC «ECC» Akademkniga». 2019; 69 (3): 382-392. DOI: 10.1134/S0044467719030122.
6. Analysis of rodenticide bait use; U.S Environmental Protection Agency, Office of Prevention, Pesticides, and Toxic Substances, U.S. Government Printing Office: Washington, DC. 2004. URL: <http://npic.orst.edu/factsheets/rodenticides.pdf>. Text: electronic.
  7. Sinitskaya T.A. The study of the incidence of the population under the conditions of combined exposure to pesticides and heavy metals. Problems of hygienic safety and management of risk factors for public health. Nauchnye trudy FNTSG im. F.F. Erismana. Nizhny Novgorod. 2004; 14: 177-181.
  8. Hygienic classification of pesticides and agrochemicals. Access from the legal system Garant. Text: electronic.
  9. GOST 33216-2014. Interstate standard. Guidelines for the maintenance and care of laboratory animals. Rules for the maintenance and care of laboratory rodents and rabbits. Access from the legal system Garant. Text: electronic. (date of access: 03/01/2022).
  10. Safandeev V.V., Lopatina M.V. Influence of limited and unrestricted food intake on the mass of linear and non-linear animals. Veterinariya, zootekhnika i biotekhnologiya. 2019; 7: 71-75. DOI: 10.26155/vet.zoo.bio.201907011.
  11. GOST 33044-2014. Interstate standard. Principles of Good Laboratory Practice. Access from sprav.-legal system Garant. Text: electronic. (date of access: 03/01/2022).
  12. Directive 2010/63/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on the protection of animals used for scientific purposes, of 22 September 2010. URL: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:276:0033:0079:en:PDF> (accessed 01/30/2022).
  13. OECD series on principles of Good Laboratory Practice and compliance monitoring, Number 1, ENV/MC/CHEM (98)17. «Principles on Good Laboratory Practice». URL: [https://one.oecd.org/document/ENV/MC/CHEM\(98\)17/en/pdf](https://one.oecd.org/document/ENV/MC/CHEM(98)17/en/pdf) (accessed 30.01.2022).
  14. OECD (2009), Test №436: Acute Inhalation Toxicity – Acute Toxic Class Method, OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 4, OECD Publishing, Paris, URL: <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/9789264076037-en.pdf?expires=1643612894&id=id&accname=guest&checksum=ED5DE61CED205C6DAC6A956C2A36F6E1> (accessed 01/30/2022).
  15. Safandeev V.V., Kolacheva A.A. Chronic models of preclinical and early clinical stages of Parkinson's disease in mice. Program and scientific papers of the Scientific Conference of Young Scientists in Medical Biology of the Federal State Budgetary Institution Federal Scientific and Practical Center for Physical and Chemical Medicine of the Federal Medical and Biological Agency. Moscow: Federalnoe gosuchrezhdenie «Federalny nauchny i klinicheskiy tsentr fizicheskoy i khimicheskoy meditsiny Federalnogo Meditsinskogo i Biologicheskogo Agentstva», 2016; 126-127.
  16. Prozorovsky V.B. Statistical processing of the results of pharmacological studies. PFBN.2007; 3-4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/statisticheskaya-obrabotka-rezultatov-farmakologicheskikh-issledovaniy>.

17. Walker, R.L. Virtue Ethics and Laboratory Animal Research. *ILAR Journal*. 2019; 60(3): 415-423. DOI:10.1093/ilar/ilaa015.
18. Jang Y. Towards a strategic approach in alternative tests for pesticide safety. *Toxicology Research*. 2014; 30: 159-68. DOI: 10.5487/TR.2014.30.3.159.
19. Feldman S.H., Easton D.N. Occupational Health and Safety: in *The Laboratory Rat (Second Edition)*: American College of Laboratory Animal Medicine. 2006; 565-586. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780120749034500200> (accessed 31.01.2022).
20. Yakovlev A.A., Babich N.V. Rodenticides. Classification, origin, application features. St. Petersburg: VIZR. 2011; 63.
21. Phillips J.E., Zhang Xuxia, Johnston J.A. Dry Powder and Nebulized Aerosol Inhalation of Pharmaceuticals Delivered to Mice Using a Nose-only Exposure System. *Journal of Visualized Experiments*. 2017; 122:10. DOI:10.3791/55454.

Поступила/Received: 11.05.2022

Принята в печать/Accepted: 19.05.2022

УДК 541.1:574.2:613.2

## МИКРОПЛАСТИКИ В ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ: ПРОИСХОЖДЕНИЕ, СВОЙСТВА И ВОЗМОЖНЫЕ РИСКИ

Гмошинский И.В., Шипелин В.А., Хотимченко С.А.

ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», лаборатория пищевой токсикологии и оценки безопасности нанотехнологий, Москва, Россия

*Микропластики (МП) и нанопластики (НП) в настоящее время являются значимым фактором загрязнения окружающей среды, питьевой воды и пищевой продукции.*

**Цель работы:** анализ данных научной литературы по вопросам происхождения МП и НП в окружающей среде, их содержания в пищевой продукции, опасности для здоровья человека и возможных рисков.

**Материалы и методы:** проанализировано 103 источника, отобранных с использованием наукометрических баз PubMed, Scopus и Web of Science за 2016-2022 гг.

**Результаты.** МП и НП способны к длительной персистенции в окружающей среде, передаются по пищевым цепям, накапливаются в организмах гидробионтов, выявлены в составе питьевой воды, меда, пива, вина, поваренной соли, мигрируют из упаковочных материалов. При поступлении в организм некоторые МП и НП способны к всасыванию, транслокации во внутренние органы, обладают общетоксическим, нейротоксическим, иммунотоксическим действием, репродуктивной токсичностью, нарушают защитный барьер слизистой оболочки кишки, влияют на кишечный микробиоценоз, могут служить векторами химических токсикантов, патогенных бактерий и вирусов. Количественная оценка рисков МП и НП для здоровья человека в настоящее время затруднена отсутствием точных данных об их содержании в объектах окружающей среды и продукции, референтных безопасных уровней и методов определения МП и НП в пищевой продукции, тканях животных и растений.

**Заключение.** МП могут обладать токсичностью, определяемой как эффектами генерации свободных радикалов под действием собственно частиц МП, так и миграцией из них токсичных низкомолекулярных веществ – мономеров и пластификаторов, а также нарушением под влиянием МП состава и функции кишечного микробиома. Актуальной задачей представляется разработка стандартных образцов МП и НП, методов их анализа и контроля.

**Ключевые слова:** полимеры, микропластики, нанопластики, пищевая продукция, окружающая среда, токсичность, риски.

**Для цитирования:** Гмошинский И.В., Шипелин В.А., Хотимченко С.А. Микропластики в пищевой продукции: происхождение, свойства и возможные риски. *Медицина труда и экология человека.* 2022;2:224-242.

**Для корреспонденции:** Гмошинский Иван Всеволодович, д.б.н., ведущий научный сотрудник лаборатории пищевой токсикологии и оценки безопасности нанотехнологий ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», e-mail: gmosh@ion.ru

**Финансирование:** Работа проведена за счет средств субсидии на выполнение государственного задания в рамках Программы фундаментальных научных исследований (тема Минобрнауки России № 0410-2022-0003).

**Конфликт интересов:** автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2022-10216>

## MICROPLASTICS IN FOOD: ORIGIN, PROPERTIES AND POSSIBLE RISKS

I.V.Gmoshinskiy, V.A.Shipelin, S.A. Khotimchenko

Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety. Department of food toxicology and nanotechnology safety evaluation, Mocsow, Russia

**Background.** Microplastics (MP) and nanoplastics (NP) are recognized as a significant factor in contamination of the environment, drinking water, and food.

**Aim:** analysis of scientific literature data on the origin of MPs and NPs in the environment, their content in food products, hazards to human health and possible risks.

**Materials and methods:** 103 sources were analyzed, selected using the PubMed, Scopus and Web of Science scientometric databases for the period of 2016-2022.

**Results.** MPs and NPs are able to persist in the environment for a long time. They are transmitted through food chains, accumulate in aquatic organisms, are found in drinking water, honey, beer, wine, table salt, and migrate from food contact materials. When ingested, some MPs and NPs are capable of absorption, translocation into internal organs. They poss a general toxic, neurotoxic, immunotoxic effect, reproductive toxicity, violate the protective barrier of the intestinal mucosa, affect the intestinal microbiocenosis, and can serve as vectors of chemical toxicants, pathogenic bacteria and viruses. Quantitative risk assessment of MPs and NPs is currently unavilable due to the lack of data on their content in environmental objects and products, reference safe levels and methods for determining MPs and NPs in food, animal and plant tissues. **Conclusion.** MPs can poss toxicity, determined both by the effects of free radical generation by MP particles and by the migration of toxic low-molecular substances from them, as well as by the disruption of the intestinal microbiome. An urgent task is the development of standard samples of MP and NP, methods for their analysis and control.

**Keywords:** polymers, microplastics, nanoplastics, food products, environment, toxicity, risks.

**Citation:** I.V.Gmoshinskiy, V.A.Shipelin, S.A. Khotimchenko. Microplastics in food: origin,properties and possible risks. Occupational health and human ecology. 2022;2:224-242.

**Correspondence:** Ivan V. Gmoshinskiy, Doctor of Biology, Leading researcher at the Laboratory of Food Toxicology and Nanotechnology Safety Evaluation, Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, e-mail: gmosh@ion.ru

**Financing:** The work was carried out at the expense of a subsidy for the fulfillment of a state task within the framework of the Program for Fundamental Scientific Research (issue of the Russian Ministry of Education and Science No. 0410-2022-0003)

**Conflict of interest:** The author declares no conflict of interest.

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2022-10216>

Одной из главных особенностей современной цивилизации является массовое использование пластмасс в технологии, промышленности и быту. Мировой объем производства полимеров (главным образом, из продуктов химической переработки нефти и газа) составляет более 400 млн тонн в год, и к 2050 году он может еще удвоиться [1]. Это создает различные риски для здоровья человека и окружающей среды, связанные с высокой стойкостью пластмасс, отсутствием путей их биодegradации. По оценкам, около 6,3 млрд тонн пластиковых отходов возникли в мире в период с конца 1950-х по 2015 год; к 2050 году это количество может дойти до 26 млрд тонн. Только 21-26% всех пластиковых отходов в настоящее время перерабатывается или утилизируется правильно [2]. Считается, что для полной деградации пластмасс в природных объектах необходимы сроки порядка десятков или даже сотен лет [3].

В качестве отдельной угрозы рассматриваются микропластики (МП) и нанопластики (НП), то есть частицы синтетических полимеров малого линейного размера. Они возникают при деструкции пластмасс как вследствие их естественного строения, так и путем термодеструкции, криодеструкции, выветривания, истирания и т.д. [4]. Другими значимыми источниками МП являются полимерные фильтры от сигарет [5], использованные защитные маски для лица [6], материалы, контактирующие с пищей. В настоящее время получены новые данные о вызывающей опасения способности МП и НП неблагоприятно влиять на организм высших животных и человека при поступлении с пищей [7]. Гипотетически рассматривается наличие у некоторых видов МП канцерогенного действия [8].

В связи с этим встает вопрос об оценке рисков МП и НП, содержащихся в воздухе, воде и пищевой продукции, для здоровья человека и о возможных способах управления этими рисками. Согласно научной позиции EFSA [9], совокупная экспозиция человека МП из разных источников является значимой, однако для выяснения характера их воздействия на организм необходимы дополнительные исследования. В 2019 году Научный совет по политике европейских академий (SAPEA) и Комитет научных советников Европейской Комиссии и Совета (SAM) подчеркнули актуальность изучения вреда МП для здоровья [10,11]. Подчеркивается, что наличие больших пробелов в знаниях относительно вредного воздействия на организм микропластиков ни в коем случае не должно рассматриваться как доказательство их безопасности [12]. Библиометрический анализ показывает быстрый рост публикаций, посвященных МП [13].

**Целью** настоящего обзора является анализ современного состояния вопроса о содержании МП и НП в пищевой продукции и питьевой воде, характеристике их опасности. Отбор литературы за период с 2016 по 2022 годы осуществлен с использованием данных поисковых систем Web of Science, Scopus, PubMed, а также материалов конференций и аналитических документов международных организаций в области безопасности пищевой продукции.

## **1. Источники МП и их распространенность в природных объектах**

Принято считать, что размер частиц МП находится в интервале 0,1-5000 мкм, а НП — от 1 до 100 нм [14]. МП могут иметь разнообразную форму, включая частицы сферической либо неправильной формы, хлопья, пластинки, волокна и другие [1].

Контакт человека с МП возможен тремя путями: через ингаляцию, пероральное поступление и кожную экспозицию [14]. Перорально в организм человека поступают МП, содержащиеся в питьевой воде, пищевых продуктах, мигрирующие в них из контактирующих с пищей материалов [15]. Глобальный характер контаминации биосферы МП находит выражение в том, что они присутствуют в качестве взвешенных частиц не только в воздухе рабочей зоны и помещений, но и в атмосфере, включая воздух высокогорных районов [16]. Дополнительные количества МП могут образовываться при истирании автомобильных шин, выветривании строительных конструкций из пластмасс и т.д. [1].

### **1.1. Химическая структура МП**

В составе МП выявляются частицы большинства синтетических полимеров, применяемых в промышленности и быту [17]. Так, сообщается о присутствии в воздушной среде МП полиэтилена (ПЭ), полипропилена, полиэтилентерефталата (ПЭТ), полистирола (ПС) и поливинилхлорида [18], полиэфиров, полиуретанов, полифенольных и эпоксидных смол [2], полиамидов и арамидов [14] и многих других [19].

### **1.2 МП в пищевой продукции**

Общее содержание МП в морской воде может превышать  $10^5$  частиц/м<sup>3</sup> [17]. Поступающий из нее в организм рыб МП концентрируется в пищеварительном тракте; количество частиц МП размером от 0,1 до 5000 мкм может составлять в морях бассейна Атлантического океана от 1 до 7 частиц на одну рыбу. В креветках выявляется около 750 частиц/кг МП, в двустворчатых моллюсках 2–4000 частиц/кг (медиана). В пелагических крупных рыбах и ракообразных основная часть МП сосредоточена в жабрах и пищеварительном тракте, то есть в несъедобной части [9]. Однако это может не распространяться на мелкую рыбу, часто потребляемую целиком (кильки, шпроты, анчоусы) [14] и в особенности на организмы-фильтраторы, такие как двустворчатые моллюски. По количеству публикаций относительно выявления в них МП первое место занимают мидии [17]. После употребления 225-граммовой порции мидий возможно поступление в организм до 900 частиц МП общей массой 7 мкг [9].

Содержание частиц МП в меде составляет от 40 до 660 частиц/кг в форме волокон и 9 частиц/кг фрагментов другой формы [9]. В пиве волокна, фрагменты и гранулы МП были обнаружены в количествах соответственно 25, 33 и 17 частиц/дм<sup>3</sup>. В морской поваренной соли присутствовало от 550 до 680 частиц/кг, в выварочной озерной - 43-360 частиц/кг и в каменной 7-200 частиц/кг [9]. С поваренной солью человек может потреблять до 4 частиц МП в сутки [14].

### **1.3. МП в питьевой воде**

По данным Subadda [20], как питьевая, так и бутилированная вода могут быть значимыми источниками поступления МП в организм человека. Исследования, проведенные

Prata и др. [20], выявили в водопроводной воде МП, представленные ПЭ или перфторэтиленом, в количестве до 10 частиц/дм<sup>3</sup>.

МП, образующиеся из бытовых отходов или выпадающие из атмосферы, загрязняют воду поверхностных водоемов. Об этом свидетельствуют данные работы, показавшей, что количество МП в воде централизованного водоснабжения, полученной из открытого источника (5,45 частиц/дм<sup>3</sup>) на много порядков превосходило загрязнение грунтовой воды (0,007 частиц/дм<sup>3</sup>), отобранной в том же регионе (см. Fernandes et al. в [20]). По данным Guevara и др. [20], количество МП, содержащихся в бутилированной воде, может составлять от 350 до 1500 частиц/дм<sup>3</sup>, в безалкогольных напитках – от 400 до 4300 частиц/дм<sup>3</sup>. В воде и напитках, упакованных в бутылки из ПЭТ, обнаруженные МП представляли собой ПЭ, тем самым, основную роль играла, по-видимому, миграция из закупорочных материалов из ПЭ [21]. По данным Weisser et al. [20], содержание МП в воде, упакованной в стеклянную тару, было низким (менее 40 частиц/дм<sup>3</sup>). Источниками МП могут служить фильтры, применяемые при очистке воды [22].

#### **1.4. Миграция из упаковочных материалов**

Пластиковые пакетики, применяемые при заваривании чая, могут являться источниками миллиардов МП [23]. МП, выявленные в виноградных винах, как и в случае бутилированной воды, могут происходить из пластмассовых закупорочных материалов (пробок) [24].

### **2. Токсичность МП и НП**

Токсичность МП и НП для компонентов экосистем – растений и водных организмов – рыб и беспозвоночных, рассмотрена в обзоре [25]. С позиции гигиенической оценки рисков МП и НП для здоровья человека наибольший интерес представляют данные об их воздействии на клетки млекопитающих и человека *in vitro*, а также о токсичности *in vivo*.

#### **2.1. Данные исследований *in vitro***

В модельных системах *in vitro* показано, что частицы НП (главным образом ПС) и в меньшей степени МП захватывались клетками слизистой оболочки кишки, респираторного тракта и иммунной системы по механизмам энергозависимого и клатрин-зависимого эндоцитоза [26,27]. При прочих равных условиях захват частиц снижался с ростом их диаметра. Модифицированные аминокруппами положительно заряженные МП ПС сильнее захватывались клетками и были более цитотоксичными в сравнении с отрицательно заряженными или нейтральными. Цитотоксичность НП и МП ПС для клеток кишечного эпителия Caco-2 была низкой и соответствовала угнетению их жизнеспособности не более чем на 20%. Несмотря на это, захват и перенос МП и НП монослоями клеток Caco-2 был значительным [28]. НП ПС обладали сравнительно высокой цитотоксичностью для клеток бронхолегочного эпителия, повреждение которых развивалось, предположительно, по механизму окислительного стресса. В культурах клеток иммунной системы, включая моноциты, дифференцированные макрофаги и ряд линий не фагоцитирующих клеток, НП вызывали эффекты воспаления с выработкой провоспалительных цитокинов. В аналогичных условиях МП полипропилена размером 20 мкм и более имели низкую цитотоксичность [26].

Ограничения и проблемы, возникающие при интерпретации работ *in vitro*, связаны, во-первых, с трудностями в соотношении действующих концентраций МП с их уровнями *in vivo*, тем более что признаки клеточной токсичности МП часто отсутствовали либо проявлялись только при очень высоких концентрациях [29]. Во-вторых, не известно, проявляют ли НП и МП свое цитотоксическое действие непосредственно в корпускулярной форме либо же посредством эмиссии токсичных веществ. В-третьих, в подавляющем большинстве проведенных исследований *in vitro* МП и НП не проходили тестирование на контаминацию бактериальным эндотоксином, способным значительно исказить получаемые данные. Это было характерно даже для тех работ, где препараты эндотоксинов использовались в качестве положительных контролей [30, 31].

## **2.2. Токсичность *in vivo***

Ключевым вопросом в оценке рисков МП для здоровья человека является характеристика опасности *in vivo*, то есть способности вызывать патологические изменения [32].

### **2.2.1. Всасывание и системная транслокация МП**

В настоящее время получен целый ряд экспериментальных данных, свидетельствующих о том, что НП и МП (представленные главным образом ПС) способны к кишечному всасыванию с последующим переносом во внутренние органы с током крови или лимфы [33,34]. У мышей после перорального или внутрижелудочного введения МП и НП могут быть обнаружены в кишечнике, печени и почках [35]. Накопление НП ПС в селезенке, легких, почках, тонком и толстом кишечнике, яичниках и головном мозге мышей наблюдали после их перорального введения в течение 14 и 28 сут [36,37]. После скармливания мышам флуоресцентно-меченных МП диаметром 5 мкм они были выявлены в костном мозге [38]. В результате 35-суточного введения самкам мышей МП ПС их обнаружили в ткани сердца, печени, селезенки, легких, почек, головного мозга, толстой и тонкой кишки, матки, яичников и в крови [39]. Кишечное всасывание МП ПС размером 1 мкм было подтверждено с использованием радиоизотопной метки [<sup>64</sup>Cu] [40].

МП ПЭ после 28-суточного внутрижелудочного введения мышам ICR были выявлены только в ткани легких [41]. Можно предположить, что это явилось артефактом, обусловленным интратрахеальной аспирацией вводимого материала.

### **2.2.2. Пероральная токсичность *in vivo***

Введение НП ПС мышам в течение 2 недель приводило к повышению экспрессии генов провоспалительных ферментов (iNOS и COX-2) и цитокинов, а также к развитию окислительного стресса и компенсаторному возрастанию Nrf2 в печени и почках [37]. МП и НП ПС размером 50, 600 и 4000 нм, вводимые в течение 4 недель мышам, проявляли нефротоксическое действие [42]. 28-дневное введение мышам МП ПС вызывало воспаление в печени, а также способствовало усилению проявлений язвенного колита, индуцированного декстрансульфатом [43].

Наблюдали токсическое действие МП ПС на систему кроветворения мышей, коррелирующее с нарушениями в кишечном микробиоме [44]. У мышей, получавших МП ПС размером 5 мкм в течение 4 недель, развивались процессы пироптоза и ферроптоза в

печени с повышением экспрессии IL-1 $\beta$ , IL-18 и развитием окислительного стресса [45]. Фиброгенные изменения в печени, сопровождаемые активацией cGAS/STING сигнального пути, имели место у мышей, получавших НП ПС в низкой дозе (0,1 мкг/см<sup>3</sup>) 8 недель с питьевой водой [46]. Сходные эффекты в печени и миокарде крыс, экспонированных МП, наблюдали в работах [47,48]. В миокарде крыс, получавших МП ПС диаметром 0,5 мкм в течение 13 недель, развивались апоптоз и фиброз при экспрессии Wnt/ $\beta$ -катенин-сигнального пути [49]. МП диаметром 1-10 мкм вызывали воспаление и некроптоз в эпителии мочевого пузыря мышей [50].

МП ПЭ диаметром от 10 до 150 мкм в дозе 6-600 мкг вызывали у мышей воспаление кишечника, сопровождавшееся нарушениями кишечной микробиоты [51]. Токсического действия МП полипропилена при пероральном введении крысам выявлено не было [52].

### 2.2.3. Иммунотоксичность при пероральном поступлении

МП поликарбоната, ПЭ, ПС и поливинилхлорида нарушали функцию нейтрофилов и фагоцитирующих клеток, активность системы комплемента и ряда защитных ферментов [53]. При введении самцам мышей C57Bl/6J МП ПС диаметром 5 мкм наблюдали лейкопению, ингибирование пролиферации гранулоцитов и макрофагов костного мозга *ex vivo*, дифференциальную экспрессию 41 гена, участвующего в Jak/Stat-сигнальном пути, регуляции Т-клеток, ответе на осмотический стресс, организации внеклеточного матрикса, метаболизме нуклеотидов, пентозы и глюкуроната, никотинамида, жирных кислот и пентозофосфатного пути [38]. МП ПЭ размером 10–150 мкм вызывали у мышей изменения уровней IL1 $\alpha$  и хемокина G-CSF, снижали количество Treg-клеток и повышали долю Th17 в составе спленоцитов [51].

### 2.2.4. Пероральная репродуктивная токсичность МП ПС

При добавлении МП диаметром 5 мкм в питьевую воду беременным и лактирующим мышам ICR в 1-м и 2-м поколениях их потомства выявлены изменения транскриптома печени и биохимических показателей плазмы крови [54]. У самих самок МП вызывал нарушения микробиома толстой кишки, оцениваемые по геномному профилю бактериальной 16S рРНК, и дисфункцию кишечного барьера, проявившуюся в снижении экспрессии клаудина и белков, ответственных за секрецию слизи. У потомства беременных мышей такие же МП вызывали нарушения в липидном обмене в печени двух поколений потомства [55].

У самок мышей ICR/CD1, получавших внутривентрикулярно в течение 35 суток МП диаметром 0,8 мкм, снижались скорость экстрезии первого полярного тельца и выживаемость суперовулированных ооцитов, уровни в них восстановленного глутатиона, митохондриального мембранного потенциала, кальция эндоплазматического ретикулума вместе с развитием признаков окислительного стресса [39]. Сходные результаты получены на самках крыс [56,57]. У беременных мышей C57Bl/6J МП диаметром 10 мкм вызывали резорбцию части плодов, морфологические изменения и активацию Т-хелперных клеток в плаценте [58]. У беременных мышей потребление МП приводило к структурным аномалиям головного мозга и когнитивным нарушениям у потомства [59].

Значительный интерес вызывают данные о токсическом действии МП на мужскую репродуктивную систему [60]. Так, МП диаметром 5 мкм, вводимые с питьевой водой в течение 35 дней молодым самцам мышей, снижали число живых сперматозоидов и повышали число их аберраций, снижали количество сперматид, вызывали отслоение клеток от зародышевого эпителия, пикноз и разрыв ядер. Это сопровождалось повышением экспрессии провоспалительных генов NF-κBp65, p-NF-κBp65, IL-1, IL-6 и TNF-α, снижением уровня транскрипционных факторов системы антиоксидантной защиты (Nrf2 и гемокигеназа-1), увеличением отношения Bax/Bcl2 и апоптоза [61]. Сходные эффекты были выявлены в последующих работах на самцах мышей [62] и крыс [63]. При субхроническом (180 суток) введении МП самцам мышей с питьевой водой в низких дозах (0,1 и 1 мкг/см<sup>3</sup>) отмечали нарушение сперматогенеза и экспрессии генов метаболических путей синтеза андрогенов [64]. Влияние МП на сперматогенез опосредовалось активацией p38MAPK-сигнального пути [65,66].

При введении НП полистирола диаметром 100 нм беременным самкам мышей у их потомства мужского пола наблюдали нарушение сперматоносного эпителия семенников с последующим снижением фертильности [67]. При введении самкам и самцам мышей МП в дозе 0,1 мг в течение 30 или 44 сут. происходили патологические изменения как в яичниках, так и в семенниках, приводящие к общему снижению фертильности в популяции [68].

В отличие от МП ПС, репродуктивная токсичность МП ПЭ мало изучена. У мышей ICR обоих полов потребление этих МП в течение 90 сут приводило к снижению числа живорождений, возрастанию доли плодов женского пола в помете [69]. По другим данным, репродуктивная токсичность МП ПЭ при интратрахеальном введении беременным самкам мышей отсутствовала [70].

#### 2.2.5. Нейротоксичность МП ПС

В пользу предположения о способности частиц МП проникать через гематоэнцефалический барьер свидетельствует выявление у мышей перорально вводимых МП в клетках нейроглии и развитие в них апоптоза и воспалительных реакций [71]. В исследовании [72] была смоделирована передача МП по трофической цепи, когда мышей кормили головастиками лягушки *Physalaemus cuvieri*, «нагруженными» МП. В тесте «открытое поле» наблюдали снижение локомоторной активности и возрастание тревожности. Развитие воспалительных изменений в гиппокампе, нарушение процессов памяти и когнитивной функции отмечались у мышей под влиянием МП, вводимого 8 недель [73]. Совокупность данных о нейротоксичности МП позволила высказать гипотезу об их связи с развитием расстройств аутистического спектра у человека [74].

#### 2.2.6. МП и развитие ожирения

При добавлении МП ПС диаметром 0,5 и 5 мкм в питьевую воду мышей в низкой дозе (0,1 и 1 мкг/см<sup>3</sup>) у них отмечалось развитие ожирения, сопровождаемое гипергликемией, гиперинсулинемией и ростом индекса HOMA-IR, что может свидетельствовать о провоцировании метаболического синдрома [75]. В аналогичной работе, выполненной на крысах, полистирольный МП не вызывал избыточной продукции инсулина, но приводил к росту уровня глюкозы крови и усилению фосфорилирования субстрата рецептора инсулина

IRS-1 по остатку Ser307 [76]. Подобные данные породили гипотезу о том, что и у человека МП могут вызывать эндокринные нарушения, приводящие к ожирению [77].

### **2.3. Влияние МП на барьерную функцию кишки**

Вызывает опасения возможное неблагоприятное воздействие МП на состояние защитного барьера слизистой оболочки кишки, включающего такие звенья, как физический барьер кишечного эпителия, барьер кишечной слизи, кишечную микробиоту и иммунологический барьер [78].

При пероральном введении самцам мышей немодифицированных и флуоресцентно-меченных МП ПС размером 5 мкм в течение 6 недель наблюдали снижение секреции кишечной слизи и нарушение экспрессии генов, отвечающих за ее образование. Флуоресцирующие частицы МП локализовались на апикальной поверхности слизистой оболочки кишки, не проникая во внутренние органы [79]. Аналогичные результаты получены с немодифицированными МП ПС [80]. По мнению авторов этих работ, нарушения кишечного барьера развивались как вторичные следствия изменений в микробиоме животных. С этим согласуются данные исследования [81], в котором были сопоставлены морфологические изменения, экспрессия генов белков плотных соединений и нарушения в микробиоме у мышей, экспонированных МП и НП ПС.

В случае введения мышам флуоресцентных НП ПС диаметром 50 нм они проникали в слизистую оболочку тонкой и толстой кишки и в отдаленные органы, включая печень, почки и сердце. Если животным вводили МП диаметром 500 нм, то этого не происходило, однако при совместном введении 50- и 500-нм НП и МП наблюдали значительную транслокацию в органы, включая головной мозг [82]. В слизистой оболочке кишки при этом наблюдали гистопатологические изменения, снижение секреции слизи, экспрессии генов, отвечающих за ее образование, а также клаудина плотных контактов.

### **2.4. МП и микробиом толстой кишки**

Модификация кишечного микробиома, возможно, играет решающую роль в воздействии МП и НП на организм хозяина. В модельных системах с почвенными микроорганизмами, а также с использованием беспозвоночных и рыб МП вызывали изменения филогенетического состава микробных популяций со снижением относительной численности *Bacteroides* и увеличением *Firmicutes* [83]. У мышей, получавших МП ПС, секвенирование 16S рРНК кишечного содержимого показало снижение содержания актинобактерий и общего разнообразия микробиоты [79], а также относительной численности фирмикутов и  $\alpha$ -протеобактерий [80].

МП полиэтилена размером 10-150 мкм, вводимые мышам с кормом, вызывали в содержимом слепой кишки возрастание численности *Staphylococcus spp.* и снижение *Parabacteroides*, что сопровождалось снижением соотношения Th17/Treg лимфоцитов [51]. Дисбиотическое действие МП связывают с системными воспалительными и иммунопатологическими процессами [84].

## **3. Микропластики как векторы токсичных веществ и патогенов**

### **3.1. Миграция токсичных веществ из состава МП**

В составе МП могут присутствовать низкомолекулярные добавки - мономеры и пластификаторы (фталаты, бисфенол А), а также адсорбированные токсические вещества – полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) и полихлорированные бифенилы (ПХБ) [85], а также пестициды, антибиотики, компоненты косметических средств, детергенты, наночастицы, металлоорганические соединения и др. [86]. Концентрации до 2750 нг/г ПХБ и 24 000 нг/г ПАУ были обнаружены в МП, отложившемся на пляжах [9]. На роль МП как проводников токсических веществ могут влиять растворенные органические вещества, рН, ионная сила, температура и химический состав МП [87].

Опасения вызывает способность усиливать биоаккумуляцию токсикантов при совместном поступлении в организм [53, 85]. Например, накопление антибиотиков окситетрациклина и флорфеникола у двустворчатых моллюсков усиливается в присутствии МП ПС [88]. МП могут усиливать транспорт и токсичность полибромированных дифениловых эфиров [89], кадмия [90] и триклозана [91]. В экспериментах на мышах МП адсорбировал эфиры фталевой кислоты и способствовал их транспортировке в кишечник, где они могли накапливаться, вызывать воспаление кишечника и повышать проницаемость [92]. Совместное введение мышам МП с фосфорорганическими веществами – антипиренами повышало их токсичность [93].

### **3.2. МП и патогенные микроорганизмы**

МП несут на своей поверхности биопленки, представленные сообществами микробов сложного видового состава, среди которых встречаются патогенные виды [94]. Пластиковый мусор поддерживает рост специфических бактериальных консорциумов, представленных, например, *Vibriosp.* и *Escherichiacoli* [84,94]. Анализ состава биопленок на МП и на двух природных субстратах (камне и листе растения) привел к обнаружению условно-патогенных *Pseudomonasmonteilii* и *P.mendocina* только в биопленке МП [95]. МП, возможно, способствуют консервации патогенных микроорганизмов в донных отложениях и отходах процессов очистки сточных вод [96]. Существует предположение, что МП не только могут служить векторами патогенов, но и способствуют усилению их вирулентности за счет «горизонтального переноса генов» между тесно сожительствующими в биопленке филогенетически далекими видами микробов [97], а также служить локусами развития и распространения устойчивых к лекарствам микроорганизмов [98]. Например, получены данные, что присутствие МП в желудке мышей усиливает процессы колонизации его слизистой оболочки патогенными *Helicobacter pylori* [99].

В настоящее время доказано, что ряд вирусов в модельных системах могут адсорбироваться на МП и сохранять в течение длительного времени свою вирулентность. Такая адсорбция может в определенной степени предохранять вирусы от инактивации. Ввиду этого, вопрос о возможной неблагоприятной роли МП в эпидемиологии вирусных инфекций заслуживает дальнейшего тщательного изучения [100].

### **3.3. МП и COVID-19**

Связь МП с пандемией COVID-19 имеет несколько аспектов. Во-первых, как было отмечено выше, в ходе пандемии были использованы и в значительной части неправильно утилизированы десятки миллиардов защитных масок и перчаток, явившихся источниками

МП. Во-вторых, маски в ходе их длительного ношения выделяют волокна МП, которые вдыхаются человеком. Эти МП может адсорбировать химические загрязнители и содержать патогенную микробиоту [101]. Тем не менее необходимы дополнительные исследования того, создает ли ненадлежащее использование индивидуальных средств защиты дополнительные риски для здоровья человека [102].

#### 4. Проблема оценки рисков МП и НП

В настоящее время отсутствуют референтные значения безопасных уровней поступления МП и НП с пищей и водой. Помимо недостаточного разнообразия изученных МП, это также связано с проблемами в их метрологии, то есть с необходимостью выражать их действующие количества не через массу/концентрацию, а через число частиц [103]. Существующие оценки экспозиций характеризуются очень большими разбросами в зависимости от сценария. Так, поступление МП из всех известных источников (воздух, питьевая водопроводная и бутилированная вода, соль, сахар, мед, пиво, рыба и морепродукты) может находиться в интервале от  $5 \cdot 10^1$  до  $10^9$  частиц МП в сутки [14].

Экспонирование человека МП через желудочно-кишечный тракт подтверждается обнаружением МП в фекалиях как здоровых, так и больных [2,104]. Установлена корреляционная взаимосвязь между числом МП в фекалиях и развитием воспалительных заболеваний кишки. Однако наличие такой корреляции не может рассматриваться как доказательство связи, поскольку не исключена вероятность того, что на повышенное содержание МП в фекалиях могут влиять какие-то особенности образа жизни больных, вторично связанные с их заболеванием.

Ввиду вышеперечисленного, рекомендации по снижению рисков, вызываемых МП и НП, имеют качественный характер и в основном базируются на т.н. «принципе предосторожности», гласящем, что желательно избегать контакта с новыми факторами, о возможном негативном действии которых на организм ничего не известно либо такие сведения являются недостаточными [105]. В соответствии с международными рекомендациями максимально широкого внедрения заслуживает принцип «3R» (Reduce, Reuse, Recycle), то есть ограничение потребления, повторного использования и переработки применяемых в быту пластмасс [106].

#### 5. Заключение

Таким образом, МП и НП распознаны в настоящее время как актуальная проблема для гигиены труда и питания, коммунальной гигиены, охраны окружающей среды. Ввиду своей высокой устойчивости к процессам химического и биологического разложения МП и НП длительно персистируют в объектах окружающей среды, передаются по пищевым цепям, накапливаются в донных отложениях, почвах, организмах водных животных – фильтраторов. Оценки поступления МП и НП к человеку с пищей, водой и вдыхаемым воздухом в настоящее время варьируют в зависимости от сценария экспозиции на 7-8 порядков величины. В экспериментальных исследованиях на беспозвоночных, рыбах, культурах клеток человека и лабораторных животных – грызунах получен значительный объем данных о том, что МП и НП, поступая в организм, способны к всасыванию, транслокации во внутренние органы, обладают общетоксическим, нейротоксическим, иммунотоксическим действием,

репродуктивной токсичностью, нарушают защитный барьер слизистой оболочки кишки, влияют на кишечный микробиоценоз. МП и НП могут служить векторами химических токсикантов, патогенных бактерий и вирусов. К сожалению, большинство сведений о вредном действии МП и НП получены с использованием единственного вида полимера - ПС. Предполагаемые механизмы токсичности МП могут опосредоваться как генерацией свободных радикалов вследствие фагоцитоза МП или эффектов катализа на их межфазной границе, так и миграцией из частиц МП токсичных низкомолекулярных веществ – мономеров и пластификаторов, а также нарушением под влиянием МП состава и функции кишечного микробиома. Актуальными задачами исследований на ближайшую перспективу являются разработка и стандартизация методов идентификации и количественного анализа МП и НП в объектах окружающей среды, включая пищевую продукцию, получение и регистрация в установленном порядке стандартных образцов МП и НП, проведение исследований потенциальных рисков для здоровья человека наиболее распространенных химических форм МП и НП.

#### Список литературы/References:

1. Lim X. Microplastics are everywhere - but are they harmful? *Nature* 2021 May; 593(7857): 22-5.
2. Jiang B., Kauffman A.E., Li L., McFee W., Cai B., Weinstein J., et al. Health impacts of environmental contamination of micro- and nanoplastics: a review. *Environ Health Prev Med* 2020 Jul 14; 25(1): 29.
3. Pham T.H., Do H.T., Phan Thi L.A., Singh P., Raizada P., et al. Global challenges in microplastics: From fundamental understanding to advanced degradations toward sustainable strategies. *Chemosphere* 2021 Mar; 267: 129275.
4. Alimi O.S., Claveau-Mallet D., Kurusu R.S., Lapointe M., Bayen S., Tufenkji N. Weathering pathways and protocols for environmentally relevant microplastics and nanoplastics: What are we missing? *J Hazard Mater* 2022 Feb 5; 423(Pt A): 126955.
5. Shen M., Li Y., Song B., Zhou C., Gong J., Zeng G. Smoked cigarette butts: Unignorable source for environmental microplastic fibers. *Sci Total Environ* 2021 Oct 15; 791: 148384.
6. Adyel T.M. Accumulation of plastic waste during COVID-19. *Science* 2020 Sep 11; 369(6509): 1314-1315.
7. Рудаков О.Б., Рудакова Л.В. Микропластик - злободневная проблема загрязнения пищевой продукции. *Переработка молока* 2020, 1(243): 32-35. [Rudakov O.B., Rudakova L.V. Microplastics are a hot topic of food contamination. *Pererabotka moloka* 2020, 1(243): 32-35 (in Russian)].
8. Kumar R., Manna C., Padha S., Verma A., Sharma P., Dhar A., et al. Mi-cro(nano)plastics pollution and human health: How plastics can induce carcinogenesis to humans? *Chemosphere* 2022 Mar 14; 298: 134267.
9. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain. Statement on the presence of microplastics and nanoplastics in food, with particular focus on seafood. *EFSA Journal* 2016 June;14(6): 4501.

10. SAPEA, Science Advice for Policy by European Academies. A Scientific Perspective on microplastics in nature and society. Berlin: SAPEA; 2019. 176 p.
11. European Commission Directorate-General for Research and Innovation Group of Chief Scientific Advisors. Environmental and Health Risks of Microplastic Pollution. Brussels: SAM; 2019. 66 p.
12. Leslie H.A., Depledge M.H. Where is the evidence that human exposure to microplastics is safe? *Environ Int* 2020 Sep; 142: 105807.
13. Qin F., Du J., Gao J., Liu G., Song Y., Yang A., et al. Bibliometric profile of global microplastics research from 2004 to 2019. *Int J Environ Res Public Health* 2020 Aug 5; 17(16): 5639.
14. Zarus G.M., Muianga C., Hunter C.M., Pappas R.S. A review of data for quantifying human exposures to micro and nanoplastics and potential health risks. *Sci Total Environ* 2021 Feb 20; 756: 144010.
15. Ranjan V.P., Joseph A., Goel S. Microplastics and other harmful substances released from disposable paper cups into hot water. *J Hazard Mater* 2021 Feb 15; 404 (Pt B): 124118.
16. Allen S., Allen D., Baladima F., Phoenix V.R., Thomas J.L., Le Roux G., et al. Evidence of free tropospheric and long-range transport of microplastic at Pic du Midi Observatory. *Nat Commun* 2021 Dec 21; 12(1): 7242.
17. Prata J.C., da Costa J.P., Lopes I., Duarte A.C., Rocha-Santos T. Environmental exposure to microplastics: An overview on possible human health effects. *Sci Total Environ* 2020 Feb 1; 702: 134455.
18. Wang Y., Huang J., Zhu F., Zhou S. Airborne microplastics: a review on the occurrence, migration and risks to humans. *Bull Environ Contam Toxicol* 2021 Oct; 107(4): 657-64.
19. Banerjee A., Shelver W.L. Micro- and nanoplastic induced cellular toxicity in mammals: A review. *Sci Total Environ* 2021 Feb 10; 755 (Pt 2): 142518.
20. 25th EFSA colloquium "A coordinated approach to assess the human health risks of micro- and nanoplastics in food" 6-7 May 2021. *BookofAbstracts*. [Электронный ресурс <https://www.efsa.europa.eu/en/events/event/update-scientific-colloquium-25-coordinated-approach-assess-human-health>, дата обращения 30.03.2022].
21. Winkler A., Santo N., Ortenzi M.A., Bolzoni E., Vacchetta R., Tremolada P. Does mechanical stress cause microplastic release from plastic water bottles? *Water Res* 2019 Dec 1; 166: 115082.
22. Ding H., Zhang J., He H., Zhu Y., Dionysiou D.D., Liu Z., et al. Do membrane filtration systems in drinking water treatment plants release nano/microplastics? *Sci Total Environ* 2021 Feb 10; 755 (Pt 2): 142658.
23. Hernandez L.M., Xu E.G., Larsson H.C.E., Tahara R., Maisuria V.B., Tufenkji N. Plastic teabags release billions of microparticles and nanoparticles into tea. *Environ Sci Technol* 2019 Nov 5; 53(21): 12300-10.
24. Prata J.C., Paço A., Reis V., da Costa J.P., Fernandes A.J.S., da Costa F.M., et al. Identification of microplastics in white wines capped with polyethylene stoppers using micro-Raman spectroscopy. *Food Chem* 2020 Nov 30; 331: 127323.

25. Wang L., Wu W.M., Bolan N.S., Tsang D.C.W., Li Y., Qin M., et al. Environmental fate, toxicity and risk management strategies of nanoplastics in the environment: Current status and future perspectives. *J Hazard Mater* 2021 Jan 5; 401: 123415.
26. Banerjee A., Billey L.O., Shelver W.L. Uptake and toxicity of polystyrene micro/nanoplastics in gastric cells: Effects of particle size and surface functionalization. *PLoS One* 2021 Dec 31; 16(12): e0260803.
27. DeLoid G.M., Cao X., Bitounis D., Singh D., Llopis P.M., Buckley B., Demokritou P. Toxicity, uptake, and nuclear translocation of ingested micro-nanoplastics in an in vitro model of the small intestinal epithelium. *Food Chem Toxicol.* 2021 Dec; 158: 112609.
28. Domenech J., Hernández A., Rubio L., Marcos R., Cortés C. Interactions of polystyrene nanoplastics with in vitro models of the human intestinal barrier. *Arch Toxicol.* 2020 Sep; 94(9): 2997-3012.
29. Yong C.Q.Y., Valiyaveetil S., Tang B.L. Toxicity of microplastics and nanoplastics in mammalian systems. *Int J Environ Res Public Health* 2020 Feb 26; 17(5): 1509.
30. Choi D., Bang J., Kim T., Oh Y., Hwang Y., Hong J. In vitro chemical and physical toxicities of polystyrene microfragments in human-derived cells. *J Hazard Mater.* 2020 Dec 5; 400: 123308.
31. Busch M., Bredeck G., Kämpfer A.A.M., Schins R.P.F. Investigations of acute effects of polystyrene and polyvinyl chloride micro- and nanoplastics in an advanced in vitro triple culture model of the healthy and inflamed intestine. *Environ Res.* 2021 Feb;193:110536.
32. Vethaak A.D., Legler J. Microplastics and human health. *Science* 2021 Feb 12; 371 (6530): 672-4.
33. Ding Y., Zhang R., Li B., Du Y., Li J., Tong X., et al. Tissue distribution of polystyrene nanoplastics in mice and their entry, transport, and cytotoxicity to GES-1 cells. *Environ Pollut.* 2021 Jul 1; 280: 116974.
34. Rubio L., Marcos R., Hernández A. Potential adverse health effects of ingested micro- and nanoplastics on humans. Lessons learned from in vivo and in vitro mammalian models. *J Toxicol Environ Health B Crit Rev* 2020; 23(2): 51-68.
35. Yang Y.F., Chen C.Y., Lu T.H., Liao C.M. Toxicity-based toxicokinetic/toxicodynamic assessment for bioaccumulation of polystyrene microplastics in mice. *J Hazard Mater* 2019 Mar 15; 366: 703-13.
36. Xu D., Ma Y., Han X., Chen Y. Systematic toxicity evaluation of polystyrene nanoplastics on mice and molecular mechanism investigation about their internalization into Caco-2 cells. *J Hazard Mater* 2021 Sep 5; 417: 126092;
37. Choi Y.J., Park J.W., Lim Y., Seo S., Hwang D.Y. In vivo impact assessment of orally administered polystyrene nanoplastics: biodistribution, toxicity, and inflammatory response in mice. *Nanotoxicology* 2021 Nov; 15(9): 1180-98.
38. Sun R., Xu K., Yu L., Pu Y., Xiong F., He Y., et al. Preliminary study on impacts of polystyrene microplastics on the hematological system and gene expression in bone marrow cells of mice. *Ecotoxicol Environ Saf* 2021 May 4; 218: 112296.

39. Liu Z., Zhuan Q., Zhang L., Meng L., Fu X., Hou Y. Polystyrene microplastics induced female reproductive toxicity in mice. *J Hazard Mater* 2022 Feb 15; 424 (Pt C): 127629.
40. Im C., Kim H., Zaheer J., Kim J.Y., Lee Y.J., Kang C.M., et al. PET tracing of biodistribution for orally administered <sup>64</sup>Cu-labeled polystyrene in mice. *J Nucl Med* 2022 Mar; 63(3): 461-7.
41. Lee S., Kang K.K., Sung S.E., Choi J.H., Sung M., Seong K.Y., et al. Toxicity study and quantitative evaluation of polyethylene microplastics in ICR mice. *Polymers (Basel)* 2022 Jan 20; 14(3): 402.
42. Meng X., Zhang J., Wang W., Gonzalez-Gil G., Vrouwenvelder J.S., Li Z. Effects of nano- and microplastics on kidney: Physicochemical properties, bioaccumulation, oxidative stress and immunoreaction. *Chemosphere* 2022 Feb; 288 (Pt 3): 132631.
43. Zheng H., Wang J., Wei X., Chang L., Liu S. Proinflammatory properties and lipid disturbance of polystyrene microplastics in the livers of mice with acute colitis. *Sci Total Environ* 2021 Jan 1; 750: 143085.
44. Jing J., Zhang L., Han L., Wang J., Zhang W., Liu Z., et al. Polystyrene micro-/nanoplastics induced hematopoietic damages via the crosstalk of gut microbiota, metabolites, and cytokines. *Environ Int* 2022 Mar; 161: 107131.
45. Mu Y., Sun J., Li Z., Zhang W., Liu Z., Li C., et al. Activation of pyroptosis and ferroptosis is involved in the hepatotoxicity induced by polystyrene microplastics in mice. *Chemosphere* 2022 Mar; 291 (Pt 2): 132944.
46. Shen R., Yang K., Cheng X., Guo C., Xing X., Sun H., et al. Accumulation of polystyrene microplastics induces liver fibrosis by activating cGAS/STING pathway. *Environ Pollut* 2022 May 1; 300: 118986.
47. Li L., Xu M., He C., Wang H., Hu Q. Polystyrene nanoplastics potentiate the development of hepatic fibrosis in high fat diet fed mice. *Environ Toxicol* 2022 Feb; 37(2): 362-72.
48. Wei J., Wang X., Liu Q., Zhou N., Zhu S., Li Z., et al. The impact of polystyrene microplastics on cardiomyocytes pyroptosis through NLRP3/Caspase-1 signaling pathway and oxidative stress in Wistar rats. *Environ Toxicol* 2021 May; 36 (5): 935-44.
49. Li Z., Zhu S., Liu Q., Wei J., Jin Y., Wang X., et al. Polystyrene microplastics cause cardiac fibrosis by activating Wnt/ $\beta$ -catenin signaling pathway and promoting cardiomyocyte apoptosis in rats. *Environ Pollut* 2020 Oct; 265 (Pt A): 115025.
50. Wang Y., Wang S., Xu T., Cui W., Shi X., Xu S. A new discovery of polystyrene microplastics toxicity: The injury difference on bladder epithelium of mice is correlated with the size of exposed particles. *Sci Total Environ* 2022 May 15; 821: 153413.
51. Li B., Ding Y., Cheng X., Sheng D., Xu Z., Rong Q., et al. Polyethylene microplastics affect the distribution of gut microbiota and inflammation development in mice. *Chemosphere* 2020 Apr; 244: 125492.
52. Kim J., Maruthupandy M., An K.S., Lee K.H., Jeon S., Kim J.S., et al. Acute and subacute repeated oral toxicity study of fragmented microplastics in Sprague-Dawley rats. *Ecotoxicol Environ Saf* 2021 Nov 11; 228: 112964.
53. Hirt N., Body-Malapel M. Immunotoxicity and intestinal effects of nano- and microplastics: a review of the literature. *Part Fibre Toxicol* 2020 Nov 12; 17(1): 57.

54. Luo T., Wang C., Pan Z., Jin C., Fu Z., Jin Y. Maternal polystyrene microplastic exposure during gestation and lactation altered metabolic homeostasis in the dams and their F1 and F2 offspring. *Environ Sci Technol* 2019 Sep 17; 53 (18): 10978-92.
55. Luo T., Zhang Y., Wang C., Wang X., Zhou J., Shen M., et al. Maternal exposure to different sizes of polystyrene microplastics during gestation causes metabolic disorders in their offspring. *Environ Pollut* 2019 Dec; 255 (Pt 1): 113122.
56. An R., Wang X., Yang L., Zhang J., Wang N., Xu F., et al. Polystyrene microplastics cause granulosa cells apoptosis and fibrosis in ovary through oxidative stress in rats. *Toxicology* 2021 Feb 15; 449: 152665.
57. Haddadi A., Kessabi K., Boughammoura S., Rhouma M.B., Mlouka R., Banni M., et al. Exposure to microplastics leads to a defective ovarian function and change in cytoskeleton protein expression in rat. *Environ Sci Pollut Res Int* 2022 Jan 18. doi: 10.1007/s11356-021-18218-3.
58. Hu J., Qin X., Zhang J., Zhu Y., Zeng W., Lin Y., et al. Polystyrene microplastics disturb maternal-fetal immune balance and cause reproductive toxicity in pregnant mice. *Reprod Toxicol* 2021 Dec; 106: 42-50.
59. Jeong B., Baek J.Y., Koo J., Park S., Ryu Y.K., Kim K.S., et al. Maternal exposure to polystyrene nanoplastics causes brain abnormalities in progeny. *J Hazard Mater* 2022 Mar 15; 426: 127815.
60. D'Angelo S., Meccariello R. Microplastics: A threat for male fertility. *Int J Environ Res Public Health* 2021 Mar 1; 18(5): 2392.
61. Hou B., Wang F., Liu T., Wang Z. Reproductive toxicity of polystyrene microplastics: In vivo experimental study on testicular toxicity in mice. *J Hazard Mater* 2021 Mar 5; 405: 124028.
62. Jin H., Ma T., Sha X., Liu Z., Zhou Y., Meng X., et al. Polystyrene microplastics induced male reproductive toxicity in mice. *J Hazard Mater* 2021 Jan 5; 401: 123430.
63. Amereh F., Babaei M., Eslami A., Fazelipour S., Rafiee M. The emerging risk of exposure to nano(micro)plastics on endocrine disturbance and reproductive toxicity: From a hypothetical scenario to a global public health challenge. *Environ Pollut* 2020 Jun; 261: 114158.
64. Jin H., Yan M., Pan C., Liu Z., Sha X., Jiang C., et al. Chronic exposure to polystyrene microplastics induced male reproductive toxicity and decreased testosterone levels via the LH-mediated LHR/cAMP/PKA/StAR pathway. *Part Fibre Toxicol* 2022 Feb 17; 19(1): 13.
65. Xie X., Deng T., Duan J., Xie J., Yuan J., Chen M. Exposure to polystyrene microplastics causes reproductive toxicity through oxidative stress and activation of the p38 MAPK signaling pathway. *Ecotoxicol Environ Saf* 2020 Mar 1; 190: 110133.
66. Li S., Wang Q., Yu H., Yang L., Sun Y., Xu N., et al. Polystyrene microplastics induce blood-testis barrier disruption regulated by the MAPK-Nrf2 signaling pathway in rats. *Environ Sci Pollut Res Int* 2021 Sep; 28 (35): 47921-47931.
67. Huang T., Zhang W., Lin T., Liu S., Sun Z., Liu F., et al. Maternal exposure to polystyrene nanoplastics during gestation and lactation induces hepatic and testicular toxicity in male mouse offspring. *Food Chem Toxicol* 2022 Feb; 160: 11280303.

68. Wei Z., Wang Y., Wang S., Xie J., Han Q., Chen M. Comparing the effects of polystyrene microplastics exposure on reproduction and fertility in male and female mice. *Toxicology* 2022 Jan 15; 465:153059.
69. Park E.J., Han J.S., Park E.J., Seong E., Lee G.H., Kim D.W., et al. Repeated-oral dose toxicity of polyethylene microplastics and the possible implications on reproduction and development of the next generation. *Toxicol Lett* 2020 May 15; 324: 75-85.
70. Han Y., Song Y., Kim G.W., Ha C., Lee J., Kim M., et al. No prominent toxicity of polyethylene microplastics observed in neonatal mice following intratracheal instillation to dams during gestational and neonatal period. *Toxicol Res* 2021 Mar 6; 37(4): 443-50.
71. Kwon W., Kim D., Kim H.Y., Jeong S.W., Lee S.G., Kim H.C., et al. Microglial phagocytosis of polystyrene microplastics results in immune alteration and apoptosis in vitro and in vivo. *Sci Total Environ* 2022 Feb 10; 807 (Pt 2): 150817.
72. da Costa Araújo A.P., Malafaia G. Microplastic ingestion induces behavioral disorders in mice: A preliminary study on the trophic transfer effects via tadpoles and fish. *J Hazard Mater* 2021 Jan 5; 401: 123263.
73. Lee C.W., Hsu L.F., Wu I.L., Wang Y.L., Chen W.C., Liu Y.J., et al. Exposure to polystyrene microplastics impairs hippocampus-dependent learning and memory in mice. *J Hazard Mater* 2022 May 15; 430: 128431.
74. Zaheer J., Kim H., Ko I.O., Jo E.K., Choi E.J., Lee H.J., et al. Pre/post-natal exposure to microplastic as a potential risk factor for autism spectrum disorder. *Environ Int* 2022 Mar; 161: 107121.
75. Zhao J., Gomes D., Jin L., Mathis S.P., Li X., Rouchka E.C., et al. Polystyrene bead ingestion promotes adiposity and cardiometabolic disease in mice. *Ecotoxicol Environ Saf* 2022 Mar 1; 232: 113239.
76. Fan X., Wei X., Hu H., Zhang B., Yang D., Du H., et al. Effects of oral administration of polystyrene nanoplastics on plasma glucose metabolism in mice. *Chemosphere*. 2022 Feb;288(Pt 3):132607
77. Kannan K, Vimalkumar K. A Review of human exposure to microplastics and insights into microplastics as obesogens. *Front Endocrinol (Lausanne)* 2021 Aug 18; 12: 724989.
78. Huang Z., Weng Y., Shen Q., Zhao Y., Jin Y. Microplastic: A potential threat to human and animal health by interfering with the intestinal barrier function and changing the intestinal microenvironment. *Sci Total Environ* 2021 Sep 1; 785: 147365.
79. Jin Y., Lu L., Tu W., Luo T., Fu Z. Impacts of polystyrene microplastic on the gut barrier, microbiota and metabolism of mice. *Sci Total Environ* 2019 Feb 1; 649: 308-17.
80. Lu L., Wan Z., Luo T., Fu Z., Jin Y. Polystyrene microplastics induce gut microbiota dysbiosis and hepatic lipid metabolism disorder in mice. *Sci Total Environ* 2018 Aug 1; 631-632: 449-58.
81. Qiao J., Chen R., Wang M., Bai R., Cui X., Liu Y., et al. Perturbation of gut microbiota plays an important role in micro/nanoplastics-induced gut barrier dysfunction. *Nanoscale* 2021 May 20; 13(19): 8806-16.

82. Liang B., Zhong Y., Huang Y., Lin X., Liu J., Lin L., et al. Underestimated health risks: polystyrene micro- and nanoplastics jointly induce intestinal barrier dysfunction by ROS-mediated epithelial cell apoptosis. *Part Fibre Toxicol* 2021 Jun 7; 18 (1): 20.
83. Lu L., Luo T., Zhao Y., Cai C., Fu Z., Jin Y. Interaction between microplastics and microorganism as well as gut microbiota: A consideration on environmental animal and human health. *Sci Total Environ* 2019 Jun 1; 667: 94-100.
84. Souza-Silva T.G., Oliveira I.A., Silva G.G.D., Giusti F.C.V., Novaes R.D., Paula H.A.A. Impact of microplastics on the intestinal microbiota: A systematic review of preclinical evidence. *Life Sci* 2022 Apr 1; 294: 120366.
85. Bhagat J., Nishimura N., Shimada Y. Toxicological interactions of microplastics/nanoplastics and environmental contaminants: Current knowledge and future perspectives. *J Hazard Mater* 2021 Mar 5; 405: 123913.
86. Magrì D., Veronesi M., Sánchez-Moreno P., Tolardo V., Bandiera T., Pompa P.P., et al. PET nanoplastics interactions with water contaminants and their impact on human cells. *Environ Pollut* 2021 Feb 15; 271: 116262.
87. Ding T., Wei L., Hou Z., Li J., Zhang C., Lin D. Microplastics altered contaminant behavior and toxicity in natural waters. *J Hazard Mater* 2022 Mar 5; 425: 127908.
88. Zhou W, Han Y, Tang Y, Shi W, Du X, Sun S, Liu G. Microplastics aggravate the bioaccumulation of two waterborne veterinary antibiotics in an edible bivalve species: potential mechanisms and implications for human health. *Environ Sci Technol* 2020 Jul 7; 54(13): 8115-22.
89. Scopetani C., Cincinelli A., Martellini T., Lombardini E., Ciofini A., Fortunati A., et al. Ingested microplastic as a two-way transporter for PBDEs in *Talitrus saltator*. *Environ Res* 2018 Nov; 167: 411-7.
90. Banaee M., Soltanian S., Sureda A., Gholamhosseini A., Haghi B.N., Akhlaghi M., et al. Evaluation of single and combined effects of cadmium and micro-plastic particles on biochemical and immunological parameters of common carp (*Cyprinus carpio*). *Chemosphere* 2019 Dec; 236: 124335.
91. Syberg K., Nielsen A., Khan F.R., Banta G.T., Palmqvist A., Jepsen P.M. Microplastic potentiates triclosan toxicity to the marine copepod *Acartia tonsa* (Dana). *J Toxicol Environ Health A* 2017; 80 (23-24): 1369-71.
92. Deng Y., Yan Z., Shen R., Wang M., Huang Y., Ren H., et al. Microplastics release phthalate esters and cause aggravated adverse effects in the mouse gut. *Environ Int* 2020 Oct; 143: 105916.
93. Deng Y., Zhang Y., Qiao R., Bonilla M.M., Yang X., Ren H., et al. Evidence that microplastics aggravate the toxicity of organophosphorus flame retardants in mice (*Mus musculus*). *J Hazard Mater* 2018 Sep 5; 357: 348-54.
94. Bowley J., Baker-Austin C., Porter A., Hartnell R., Lewis C. Oceanic hitchhikers - assessing pathogen risks from marine microplastic. *Trends Microbiol* 2021 Feb; 29(2): 107-16.
95. Wu X., Pan J., Li M., Li Y., Bartlam M., Wang Y. Selective enrichment of bacterial pathogens by microplastic biofilm. *Water Res (Elsevier)* 2019; 165: 114979.

96. Kelly J.J., London M.G., McCormick A.R., Rojas M., Scott J.W., Hoellein T.J. Wastewater treatment alters microbial colonization of microplastics. *PLoS One* 2021 Jan 6; 16(1): e0244443.
97. Журина М.В., Богданов К.И., Ганнесен А.В., Мартьянов С.В., Плакунов В.К. Микропластики – новая экологическая ниша в пластисфере для мультивидовых микробных биопленок. *Микробиология* 2022; 91(2): 131-149. [Zhurina M.V., Bogdanov K.I., Gannesen A.V., Mart'yanov S.V., Plakunov V.K. Microplastics – a new ecological niche in the plastisphere for multispecies microbial biofilms. *Mikrobiologiya* 2022; 91(2): 131-149 (in Russian)].
98. Imran M., Das K.R., Naik M.M. Co-selection of multi-antibiotic resistance in bacterial pathogens in metal and microplastic contaminated environments: An emerging health threat. *Chemosphere* 2019 Jan; 215: 846-57.
99. Tong X., Li B., Li J., Li L., Zhang R., Du Y., et al. Polyethylene microplastics cooperate with *Helicobacter pylori* to promote gastric injury and inflammation in mice. *Chemosphere*. 2022 Feb; 288.(Pt 2): 132579.
100. Moresco V., Oliver D.M., Weidmann M., Matallana-Surget S., Quilliam R.S. Survival of human enteric and respiratory viruses on plastics in soil, freshwater, and marine environments. *Environ Res* 2021 Aug; 199: 111367.
101. Patrício Silva A.L., Prata J.C., Walker T.R., Duarte A.C., Ouyang W., Barcelò D., et al. Increased plastic pollution due to COVID-19 pandemic: Challenges and recommendations. *Chem Eng J* 2021 Feb 1; 405: 126683.
102. Tagorti G., Kaya B. Genotoxic effect of microplastics and COVID-19: The hidden threat. *Chemosphere* 2022 Jan; 286 (Pt 3): 131898.
103. Rubio-Armendáriz C., Alejandro-Vega S., Paz-Montelongo S., Gutiérrez-Fernández Á.J., Carrascosa-Iruzubieta C.J., Hardisson-de la Torre A. Microplastics as emerging food contaminants: a challenge for food safety. *Int J Environ Res Public Health* 2022 Jan 21; 19(3): 1174.
104. Yan Z., Liu Y., Zhang T., Zhang F., Ren H., Zhang Y. Analysis of microplastics in human feces reveals a correlation between fecal microplastics and inflammatory bowel disease status. *Environ Sci Technol* 2022 Jan 4; 56(1): 414-21.
105. Sana S.S., Dogiparthi L.K., Gangadhar L., Chakravorty A., Abhishek N. Effects of microplastics and nanoplastics on marine environment and human health. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2020 Dec; 27 (36): 44743-56.
106. Кочуров Б.И., Блинова Э.А. Оценка экологических последствий использования полимерных изделий. *Теоретическая и прикладная экология* 2020, 4:210-215 [Kochurov B.I., Blinova E.A. Assessment of environmental consequences of the use of polymer products. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya* 2020, 4:210-215 (in Russian)].

Поступила/Received: 13.04.2022

Принята в печать/Accepted: 18.05.2022

**К 70-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ  
СУЛЕЙМАНОВА РАФАИЛА АНВАРОВИЧА**



31 мая 2022 года отметил свой юбилей известный ученый-гигиенист, доктор медицинских наук, заведующий отделом медицинской экологии Федерального бюджетного учреждения науки «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека» Сулейманов Рафаил Анварович.

Сулейманов Рафаил Анварович родился в 1952 г. в г. Черемхово Иркутской области в семье рабочих. В 1978 году окончил санитарно-гигиенический факультет Башкирского государственного медицинского института. С 1978 года по настоящее время работает в ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека».

В 1987 году Рафаил Анварович успешно защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата медицинских наук на тему: «Гигиеническая оценка фосфорорганических комплексонов как загрязнителей водных ресурсов», а в 2001 году – докторскую диссертацию на тему: «Гигиенические основы охраны здоровья населения в регионах размещения нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств». Основная область научной деятельности Рафаила Анваровича посвящена решению вопросов по проблемам медицинской экологии. Рафаил Анварович является руководителем крупного научного направления – оценка влияния неблагоприятных факторов внешней среды на здоровье человека.

Результаты исследований, полученных Рафаилом Анваровичем, имеют большое народно-хозяйственное значение не только для Республики Башкортостан, но и для страны в целом. Под его руководством были разработаны гигиенические карты-схемы загрязнения воздушного бассейна и здоровья населения городов с развитой нефтехимией и нефтепереработкой Поволжского экономического района, а также обоснован комплекс гигиенических рекомендаций и решений, который был внедрен в работу различными ведомствами, предприятиями, учреждениями, службами (ЦСЭН Республики Башкортостан, ЦСЭН Северной Осетиин, ЦСЭН Республики Коми, Ангарским НИИ медицины труда и экологии человека, Волгоградским НИИ гигиены, Верховным Советом Башкортостана, Главным управлением архитектуры и градостроительства г. Уфы, управлением Госкомприроды РБ, Минжилкомхозом РБ и др).

Рафаил Анварович принимал активное участие в работе экологических комиссий Министерства здравоохранения России и Башкортостана. В составе правительственных комиссий неоднократно выезжал в качестве эксперта-гигиениста для оценки чрезвычайных экологических ситуаций в городах: Астрахань, Тюмень, Владикавказ, Чапаевск, Курган,

Сыктывкар, Салават, Кумертау; являлся членом Проблемной комиссии «Научные основы гигиены окружающей среды» ФБУН «Научно-исследовательский институт экологии человека и гигиены окружающей среды им. А.Н. Сысина» Минздрава России, членом сектора медицинских наук Отделения биологических, медицинских и сельскохозяйственных наук Академии наук РБ, членом общественного и научного советов Министерства природных ресурсов РБ, на протяжении ряда лет являлся председателем ГЭК выпускников ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» по специальности 32.05.01 Медико-профилактическое дело.

За 44-летний период трудовой деятельности Сулеймановым Р.А. были разработаны 10 нормативно-методических документов, утвержденных Минздравом России, Роспотребнадзором, более 20 ПДК химических веществ в воде водоемов и атмосфере населенных мест, 15 информационно-методических писем, более 20 учебных пособий, проведена токсикологическая оценка свыше 200 новых химических веществ, опубликовано более 450 научных работ, в том числе 12 монографий.

Сулейманов Р.А. эффективно совмещает активную научную и педагогическую деятельность, под его руководством защищены 5 кандидатских диссертаций, в настоящее время он руководит исследованиями двух аспирантов и одной докторской диссертации. На протяжении 30-летнего периода осуществлял педагогическую деятельность в должностях доцента и профессора в ведущих вузах республики (УГНТУ, БГМУ, БГУ, УГАЭС).

За активную научную деятельность Рафаил Анварович неоднократно поощрялся почетными грамотами Уфимского городского совета народных депутатов, Госкомитета Республики Башкортостан по науке, высшему и среднему образованию, Госкомитета санэпиднадзора Российской Федерации, Госсобрания – Курултая РБ. Награжден медалью «90 лет Госсанэпидслужбе России», знаками «Отличник санэпидслужбы РФ», «Отличник здравоохранения РФ», «Почетный работник Роспотребнадзора».

Коллеги знают Рафаила Анваровича как крупного ученого, талантливого педагога и наставника, яркую личность с прогрессивными взглядами, эффективно совмещающего плодотворную научную и педагогическую деятельность.

Рафаил Анварович, сердечно поздравляем Вас с 70-летним юбилеем и желаем неиссякаемых сил, жизненной энергии и бодрости, счастья и благополучия, крепкого здоровья, плодотворной работы и новых творческих идей, дальнейших успехов в многогранной деятельности на благо российской науки и здоровья людей!

*Редколлегия журнала «Медицина труда и экология человека»,  
коллектив ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека»*