

Медицина труда и экология человека

№4/2023

**Сетевое издание
ISSN 2411 - 3794**



12+

uniimtech.ru

Дорогие коллеги!

Редакция журнала «Медицина труда и экология человека» поздравляет Вас с наступающим Новым 2024 годом и Рождеством и выражает искреннюю благодарность и глубокую признательность за плодотворное сотрудничество в уходящем году! За этот год была проделана большая работа – подготовка и рецензирование статей, их редакция и корректура, творческие споры в поиске истины, активное общение – все это было интенсивным и содержательным. Результатом наших совместных усилий стал выпуск 4 номеров журнала, где увидели свет 60 научных публикаций от авторов из 22 научно-исследовательских, образовательных и медицинских организаций России. Желаем Вам творческого подъема, вдохновения, энергии, оптимизма и возможностей для реализации всех идей и проектов! Благополучия и уюта Вашему дому в новом году, здоровья и счастья Вам и Вашим близким!

С уважением,
главный редактор журнала
«Медицина труда и экология человека»
А.Б. Бакиров



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 – к.м.н. Д.О.Каримов

Редакционный совет:

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

Рахманин Ю.А., д.м.н., проф., акад. РАН (Россия, Москва),
Романович И.К., д.м.н., проф., акад. РАН (Россия, Санкт-Петербург),
Рыжов А.Я., д.б.н., проф. (Россия, Тверь),
Сарманаев С.Х., д.м.н., проф. (Россия, Москва),
Семенihin В.А., д.м.н. (Россия, Кемерово),
Спирин В.Ф., д.м.н., проф. (Россия, Саратов),
Сутункова М.П., д.м.н. (Россия, Екатеринбург),
Сычик С.И., к.м.н. (Белоруссия, Минск),
Тутельян В.А., д.м.н., проф., акад. РАН (Россия, Москва),
Фатхутдинова Л.М., проф., д.м.н. (Россия, Казань),
Хамидулина Х.Х., д.м.н., проф. (Россия, Москва),
Хотимченко С.А., д.м.н., проф., член-корр. РАН (Россия, Москва)

Редакционная коллегия:

Багрянцева О.В., д.б.н. (Россия, Москва),
Бухарина И.Л., д.б.н. (Россия, Ижевск),
Бактыбаева З.Б., к.б.н. (Россия, Уфа),
Валеева Э.Т., д.м.н. (Россия, Уфа),
Викторова Т.В., д.м.н., проф. (Россия, Уфа),
Гайнуллина М.К., д.м.н., проф. (Россия, Уфа),
Гимаева З.Ф., д.м.н. (Россия, Уфа),
Гильманов А.Ж., д.м.н., проф. (Россия, Уфа),
Даукаев Р.А., к.б.н. (Россия, Уфа),
Ефимочкина Н.Р., д.б.н. (Россия, Москва),
Зулькарнаев Т.Р., д.м.н., проф. (Россия, Уфа),
Кулагин А.А., д.б.н. (Россия, Уфа),

Карамова Л.М., д.м.н., проф. (Россия, Уфа),
Каримова Л.К., д.м.н., проф. (Россия, Уфа),
Ларионов М.В., д.б.н. (Россия, Москва),
Масягутова Л.М., д.м.н. (Россия, Уфа),
Мухаметзянов А.М., д.м.н. (Россия, Уфа),
Степанов Е.Г., к.м.н. (Россия, Уфа),
Сулейманов Р.А., д.м.н. (Россия, Уфа),
Терегулова З.С., д.м.н., проф. (Россия, Уфа),
Туйгунов М.М., д.м.н., проф. (Россия, Уфа),
Хайров Х.С., д.м.н. (Таджикистан, Душанбе),
Шайхлисламова Э.Р., к.м.н. (Россия, Уфа),
Шарафутдинова Н.Х., д.м.н., проф. (Россия, Уфа)

Редакция:

зав. редакцией – С.М. Батисова
научные редактора – д.м.н. Р.А.Сулейманов,
к.б.н. Д.Д. 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

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: 11.12.2023
© ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», 2023

Occupational Health and Human Ecology

№4/2023

ISSN 2411-3794

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 – c.m.s. Karimov D.O.

Editorial Board:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Fatkhutdinova L.M., M.D., Professor of Medicine (Russia, Kazan),

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

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

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

Editorial Council:

Bagryantseva O.V. D.Sc. (Biology) (Russia, Moscow),

Bukharina I.L. D.Sc. (Biology) (Russia, Izhevsk),

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

Efimochkina N.R. D.Sc. (Biology) (Russia, Moscow),

Daukaev R.A., Cand.Sc. (Biology) (Russia, Ufa),

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

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

Gilmanov A.Zh., M.D. (Russia, Ufa),

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

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

Kulagin A.A. D.Sc. (Biology) (Russia, Ufa),

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

Mukhametzyanov A.M., D.Sc. (Medicine) (Russia, Ufa)

Larionov M.V. D.Sc. (Biology) (Russia, Moscow),

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

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

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

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

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

Tuigunov M.M., M.D., Professor of Medicine (Russia, Ufa),

Khairov Kh.S., Ph.D., M.D. (Tadjikistan, Dushanbe)

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

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

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

Editors:

Managing Editor - Batisova S.M.

Science Editor - Suleymanov R.A., M.D.,
c.b.s. Karimov D. D.

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

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: **11.12.2023**

СОДЕРЖАНИЕ

МЕДИЦИНА ТРУДА

- 7 **АНАЛИЗ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ В РЕСПУБЛИКЕ БАШКОРТОСТАН ЗА ПЕРИОД ПАНДЕМИИ НОВОЙ КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ**
Валеева Э.Т., Шайхлисламова Э.Р., Ямалиев А.Р., Сандакова И.В., Галимова Р.Р., Басырова А.Р., Дистанова А.А.
- 22 **АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ТРУДА И ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РИСКА РАЗВИТИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ НЕЙРОСЕНСОРНОЙ ТУГОУХОСТИ**
Фунтикова И.С., Смирнова Е.Л., Потеряева Е.Л., Базуева А.С.
- 39 **СТОМАТОЛОГИЧЕСКИЙ СТАТУС МЕДИЦИНСКИХ РАБОТНИКОВ, ЗАНЯТЫХ ВО ВРЕДНЫХ УСЛОВИЯХ ТРУДА**
Леонтьева Е.Ю., Быковская Т.Ю.
- 50 **КОГНИТИВНЫЕ НАРУШЕНИЯ В СТРУКТУРЕ ПОСТКОВИДНОГО СИНДРОМА У ПАЦИЕНТОВ С ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПАТОЛОГИЕЙ**
Радоуцкая Е.Ю., Лозовик Л.Ю., Шмыгун М.В., Онищук Я.И., Новикова И.И.

ГИГИЕНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

- 63 **ВЛИЯНИЕ ПОЛЛЮТАНТОВ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ: НАУКОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЗАРУБЕЖНЫХ АНГЛОЯЗЫЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ 2017-2022 гг.**
Мазиллов С.И., Райкова С.В., Гусев Ю.С., Поздняков М.В., Комлева Н.Е., Микеров А.Н.
- 82 **РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В РАЙОНАХ ПАДЕНИЯ ОТДЕЛЯЮЩИХСЯ ЧАСТЕЙ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ**
Зяблицкая А.Н., Новикова И.И., Щучинов Л.В.

- 95 **ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАНЦЕРОГЕННЫХ РИСКОВ И АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ НА ОНКОЛОГИЧЕСКУЮ ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ КРУПНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ГОРОДА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)**

Салигаскаров И.И., Бакиров А.Б., Степанов Е.Г.

РАДИАЦИОННАЯ ГИГИЕНА

- 108 **РАДИАЦИОННАЯ НАГРУЗКА НА НАСЕЛЕНИЕ ОТ МЕДИЦИНСКОГО ОБЛУЧЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БАШКОРТОСТАН В ПЕРИОД ПАНДЕМИИ**

Кудашева А.Р., Бакиров А.Б., Казак А.А., Ямалиев А.Р., Хохлов В.А., Скотарева М.А., Самойлова Э.Р.

ОЦЕНКА РИСКА ЗДОРОВЬЮ

- 119 **ИЗУЧЕНИЕ СВЯЗИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ С ТАБАКОКУРЕНИЕМ**

Спирин В.Ф., Долич В.Н., Комлева Н.Е., Заикина И.В., Поздняков М.В., Скворцова Н.В., Чекмизова Е.В.

- 128 **МЕТОДЫ (АЛГОРИТМ) ОЦЕНКИ ГИГИЕНИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ВОДОЕМОВ, СОДЕРЖАЩИХ ТОКСИНЫ СИНЕ-ЗЕЛЕННЫХ ВОДОРОСЛЕЙ**

Гусев Ю.С., Сулейманов Р.А., Иванов Д.Е., Микеров А.Н., Валеев Т.К.

- 145 **ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ОБИТАНИЯ НА РАЗЛИЧНЫХ ВЫСОТАХ В ДАГЕСТАНЕ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ**

Рахманов Р.С., Богомолова Е.С., Разгулин С.А., Бахмудов Г.Г., Жаргалов С.И., Евдокимов А.В.

ГИГИЕНА ПИТАНИЯ

- 160 **МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ В ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ПОЛНОЦЕННОГО ПИТАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ**

Елисеев Ю.Ю., Спирин В.Ф., Каракотина И.А., Елисеева Ю.В.

ЭПИДЕМИОЛОГИЯ

172 РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ ЛЕГИОНЕЛЛ В ОБЪЕКТАХ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ МЕДИЦИНСКИХ ОРГАНИЗАЦИЙ

Патяшина М.А., Сизова Е.П., Ставропольская Л.В., Бадамшина Г.Г., Малинина Л.А., Волостнова Е.С., Фатхутдинова Л.М.

182 РЕЗУЛЬТАТЫ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ОБЪЕКТОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В ДЕТСКОМ МНОГОПРОФИЛЬНОМ СТАЦИОНАРЕ

Мухаметзянов А.М., Кайданек Т.В., Латыпов А.А., Асылгареева Г.М., Валеева Д.С., Пономарева Д.Н., Асхадуллина С.М.

ТОКСИКОЛОГИЯ

196 СОВРЕМЕННОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ О МЕХАНИЗМАХ ТОКСИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ СВИНЦА НА ЦЕНТРАЛЬНУЮ НЕРВНУЮ СИСТЕМУ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Сутункова М.П., Никогосян К.М., Рябова Ю.В., Кескевич А.А., Минигалиева И.А., Бутакова И.В., Шеломенцев И.Г., Шаихова Д.Р.

ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ И СОЦИАЛЬНАЯ ГИГИЕНА

216 НЕКОТОРЫЕ СТРАНИЦЫ ЛЕТОПИСИ САНИТАРНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЙ МЕДИЦИНЫ БАШКИРИИ

Бакиров А.Б., Степанов Е.Г., Яхина М.Р., Даукаев Р.А., Валеев Т.К., Сулейманов Р.А.

ПАМЯТНЫЕ ДАТЫ

224 К 110-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ МУХАМЕТОВОЙ ГАЙНУШ МИНИГАЙСОВНЫ

УДК 613.6: 614.4(470.57)

**АНАЛИЗ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ В РЕСПУБЛИКЕ БАШКОРТОСТАН
ЗА ПЕРИОД ПАНДЕМИИ НОВОЙ КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ**

**Валеева Э.Т.^{2,3}, Шайхлисламова Э.Р.^{2,3}, Ямалиев А.Р.¹, Сандакова И.В.¹, Галимова Р.Р.^{2,3},
Басырова А.Р.², Дистанова А.А.²**

¹ Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Республике Башкортостан, Уфа, Россия

² ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», Уфа, Россия

³ ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет», Уфа, Россия

Введение. Пандемия и сегодня продолжает оказывать значительное воздействие на все стороны жизни как медицинских работников, так и общей популяции в целом. Наибольшие негативные изменения претерпели демографические и социально-экономические показатели качества жизни населения. В этих условиях особое значение приобретают меры по анализу трех полных лет завершающейся пандемии коронавирусной инфекции, как с точки зрения научных изысканий, так и относительно выводов по итогам организационной работы ведомств, их координации, адекватности проводимых противоэпидемических мероприятий.

Цель работы: анализ факторов рабочей среды и трудового процесса, показателей профессиональной заболеваемости в экономическом секторе РБ в период пандемии новой коронавирусной инфекции (НКИ).

Материалы и методы. Проанализированы количественные и качественные показатели вредных факторов рабочей среды на предприятиях Республики Башкортостан (РБ) за 2022 г. Изучен 3781 показатель, относящийся к физическим факторам, проведено 6209 исследований воздуха рабочей зоны. В сравнительном аспекте с 2020-2021 гг. по видам экономической деятельности промышленных и сельскохозяйственных производств проанализированы структура, этиологические причины, показатели профессиональной заболеваемости (ПЗ) в РБ за 2022 гг.

Результаты. Анализ условий труда и состояния профессиональной заболеваемости в РБ за период распространения НКИ показал отсутствие значительных положительных изменений в состоянии рабочей среды и трудового процесса. Число рабочих мест на предприятиях республики, которые не соответствуют гигиеническим нормативам, продолжает оставаться довольно высоким, особенно по факторам физической природы - 7%. Несмотря на замедление темпов экономического роста в период пандемии и резкое снижение показателей профессиональной заболеваемости в основных отраслях промышленности республики, наблюдался взрывной рост показателей ПЗ, смертности и инвалидности среди работников медицинских организаций вследствие COVID-19.

Ключевые слова: заболеваемость, пандемия, коронавирусная инфекция, профессиональные заболевания.

Для цитирования: Валеева Э.Т., Шайхлисламова Э.Р., Ямалиев А.Р., Сандакова И.В., Галимова Р.Р., Басырова А.Р., Дистанова А.А. Анализ профессиональной заболеваемости в

Республике Башкортостан за период пандемии новой коронавирусной инфекцией.

Медицина труда и экология человека.2023;4:7-21

Для корреспонденции: Валеева Эльвира Тимерьяновна, д.м.н., доцент, главный научный сотрудник отдела медицины труда, ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», e-mail: oozr@mail.ru.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии явных и потенциальных конфликтов.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10401>

ANALYSIS OF OCCUPATIONAL MORBIDITY IN THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN DURING THE NEW CORONAVIRUS INFECTION PANDEMIC

Valeeva E.T.^{2,3}, Shaikhislamova E.R.^{2,3}, Yamaliev A.R.¹, Sandakova I.V.¹, Galimova R.R.^{2,3}, Basyrova A.R.², Distanova A A.²

¹Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Well-being in the Republic of Bashkortostan, Ufa, Russia

² Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, Ufa, Russia

³ Bashkirian State Medical University, Ufa, Russia

Introduction. *The pandemic continues to have a significant impact on all aspects of life for both healthcare workers and the general population. Demographic indicators and socio-economic indicators of the population quality of life have undergone the greatest negative changes. In these conditions, measures to analyze three full years of the ending coronavirus pandemic, both from the point of view of scientific research and regarding the conclusions based on the results of the organizational work of departments, their coordination, and the adequacy of the anti-epidemic measures taken, are of particular importance.*

Purpose of the work: *Analysis of work environment and work process factors and occupational morbidity indicators in the Bashkortostan economic sector during the new coronavirus infection (NCI) pandemic.*

Materials and methods. *Quantitative and qualitative indicators of harmful factors in the work environment at Bashkortostan enterprises for 2022 were analyzed. 3,781 indicators related to physical factors were studied, 6,209 studies of the work environment air were conducted. Comparatively, between 2020 and 2021, by type of economic activity of industrial and agricultural production, the structure, etiological causes, occupational morbidity (OM) indicators in the Republic of Bashkortostan for 2022 were analyzed.*

Results. *An analysis of working conditions and the state of occupational morbidity in the Republic of Bashkortostan during the period of dissemination of NCI showed the absence of significant positive changes in the state of the working environment and the work process. The number of jobs in enterprises of the republic that do not meet hygienic standards continues to remain quite high, especially in terms of physical factors - 7%.*

Despite the slowdown in economic growth during the pandemic and the sharp decline in occupational morbidity rates in the main industries of the republic, there was an explosive increase in the rates of occupational health, mortality and disability among workers of healthcare institutions due to COVID-19.

Key words: morbidity, pandemic, coronavirus infection, occupational diseases.

For citation: Valeeva E.T., Shaykhlislamova E.R., Yamaliev A.R., Sandakova I.V., Galimova R.R., Basyrova A.R., Distanova A.A. Analysis of occupational morbidity in the Republic of Bashkortostan during the new coronavirus infection pandemic. *Occupational Health and Human ecology*. 2023;4:7-21.

For correspondence: Elvira T. Valeeva, Doct.Sc. (Medicine), Associate Professor, Chief Researcher at the Department of Occupational Health, Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology", 450106, Ufa. E-mail: oozr@mail.ru

Financing. The study had no financial support.

Conflict of interest. The authors declare no conflict interest.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10401>

Актуальность. Одними из значимых социальных задач в нашей стране являются проблемы в здравоохранении. Для врачей профпатологов и специалистов по гигиене труда это означает работу по проведению мониторинга за профессиональной, инфекционной заболеваемостью, результаты которого в настоящее время по многим параметрам определяют состояние здоровья населения Российской Федерации [1,2,3]. Профессиональная заболеваемость всегда являлась важнейшим индикатором как позитивных, так и негативных процессов современного индустриального общества. Это один из важнейших индикаторов, быстро влияющих на социально-экономическое положение, реагирующих на появление и распространение новой инфекционной патологии, а также увеличение заболеваемости хроническими неинфекционными болезнями [4].

В течение многих лет в Республике Башкортостан, как и по всей стране, особенности и динамика профессиональной заболеваемости определялись состоянием развития экономики, ее основополагающих отраслей: добыча полезных ископаемых, их переработка, сельское хозяйство, а также состоянием трудовых ресурсов, организацией медицинского обслуживания работников [5].

Уже на протяжении последних 13 лет по всей стране фиксируется резкое падение показателей ПЗ и это на фоне продолжающегося ухудшения условий труда практически во всех сферах экономике. Так, в республике в 2010 году показатели ПЗ составляли 1,74 на 10 тыс. работающих, а в последние годы не превышают 0,29-0,72 на 10 тыс. работающих. Огромное влияние в последние 3 года на эти процессы оказала и пандемия новой коронавирусной инфекции (НКИ) [6-9].

Распространение по планете новой коронавирусной инфекции COVID-19 полностью изменило структуру профессиональной заболеваемости в нашей стране. Появилось новое профессиональное заболевание, в основном диагностируемое среди работников медицинского профиля, которое было совершенно незнакомо профпатологам как по

вопросам клинической диагностики, так и по связи заболевания с профессиональной деятельностью [10,11]. Пандемия и сегодня продолжает оказывать значительное воздействие на все стороны жизни как медицинских работников, так и общей популяции в целом. Наибольшие негативные изменения претерпели демографические и социально-экономические показатели качества жизни населения. Данный вопрос приобрел значительную актуальность в условиях пандемии COVID-19 для всего населения в мире, в том числе работающего [12]. Тяжелая эпидемиологическая и социально-экономическая ситуация в стране нанесла значительный урон всему обществу [13].

В этих условиях особое значение приобретают исследования по анализу трех полных лет завершающейся пандемии коронавируса, как с точки зрения научных изысканий, так и относительно выводов по итогам организационной работы ведомств, их координации, адекватности проводимых противоэпидемических мероприятий [14,15].

Изучение условий и особенностей формирования профессиональной патологии на современном этапе представляет значительный интерес и должно быть использовано в системе мониторинга за качеством и условиями производственной среды и среды обитания, уровнем и структурой ПЗ для решения вопросов о повышении роли работодателя в сохранении здоровья работника путем исполнения норм санитарного законодательства, разработки современных принципов по улучшению условий труда, профилактических мер по предупреждению развития профессиональных и производственно-обусловленных заболеваний, что позволит сохранить и приумножить здоровье и работоспособность населения [16,17].

Формирование профессиональной заболеваемости полностью зависит от состояния условий труда. Традиционно в республике одними из самых неблагополучных отраслей промышленного сектора являются обрабатывающие производства, аграрные и строительные предприятия, именно здесь зарегистрировано наибольшее количество объектов, которые имеют модальность производств, относящихся к чрезвычайно высокому и высокому риску и имеющих показатели заболеваемости значительно выше республиканского уровня [5]. Наибольшее число рабочих мест, не соответствующих как по количественным, так и по качественным показателям гигиеническим нормам, также зарегистрировано на этих производствах. По данным ежегодных государственных докладов «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации по Республике Башкортостан», в экономическом секторе РБ на протяжении последних десяти лет не произошло значимых, кардинальных перемен, приведших к значительному подъему экономики и совершенствованию качества рабочей среды. На формирование здоровья работников и условий труда большинства промышленных и аграрных производств наибольшее влияние оказывают вредные производственные факторы физической природы (шум, общая и локальная вибрация, электромагнитное излучение, неудовлетворительная освещенность, неблагоприятный микроклимат) [4,13].

Материалы и методы. Проанализированы гигиенические характеристики вредных факторов рабочей среды на предприятиях Республики Башкортостан за 2022 г. Проведено

3781 исследование факторов, относящихся к физическим, таких как вибрация — 979, производственный шум — 447, освещенность — 1043, электромагнитные излучения — 118, микроклимат — 1194 исследования.

Выполнено 6209 исследований воздуха рабочей зоны, из них на содержание различных аэрозолей и пыли — 4734.

Для подконтрольных организаций организовано 764 профилактических мероприятия по соблюдению обязательных санитарно-эпидемиологических требований к условиям труда, профилактике профессиональных заболеваний работающих, из них в виде консультирования — 410, профилактического визита — 117, информирования — 237.

Проанализированы структура, этиологические причины, показатели ПЗ в РБ за 2022 гг. по видам экономической деятельности промышленных и сельскохозяйственных производств. Проведено их сравнение с данными за 2020-2021 гг. Выполнен анализ актов о случаях профессиональных заболеваний, а также учетных форм № 30 (122 случая профессиональных заболеваний, 48 из них - острые, 74 - хронические). Показатели ПЗ были рассчитаны на 10 тыс. работников промышленных и сельскохозяйственных предприятий РБ. В 2022 году проведено 36 проверок при расследовании случаев профессиональных заболеваний (отравлений), при этом выполнены лабораторные и инструментальные исследования в 23 случаях (63,9%), в 2021 году - 76 и 68 (89,5%) случаев соответственно.

В статье использованы общепринятые методы статистической обработки.

Результаты. В результате проведенного анализа установлено, что число рабочих мест на изученных производствах республики, не соответствующих требованиям санитарного законодательства по физическим факторам, в 2022 г. составило:

- по вибрации 6,7% (2021 году также 6,7%);
- по шуму 4,0% (выросло по сравнению с 2021 годом - 0,7%);
- по микроклимату составило 1,2% (против 5,5% в 2021 году);
- по освещенности понизилось в сравнении с 2021 (7,0%) и составило 0,0%;
- по электромагнитным полям опустилось до 0,0% (против 5,9% в 2021 году).

Необходимо отметить, что производственное воздействие комплекса вредных факторов рабочей среды и трудового процесса, таких как тяжесть и напряженность трудового процесса, нередко усугубляется вследствие как комбинированного, так и сочетанного воздействия на организм работника.

Основанием для установления профессиональной этиологии заболевания Центром профпатологии является приказ Минздрава России от 31.01.2019 №36н¹, при этом органы Роспотребнадзора регистрируют и расследуют случаи профессиональных заболеваний работников на основании нормативно-правовых актов.² С целью исполнения

¹Приказ Министерства здравоохранения РФ от 31 января 2019 г. N 36н

"Об утверждении Порядка проведения экспертизы связи заболевания с профессией и формы медицинского заключения о наличии или об отсутствии профессионального заболевания"

²Постановление Правительства Российской Федерации от 15.12.2000 г. №967 «Об утверждении положения о расследовании и учете профессиональных заболеваний»; Приказ Минздрава России от 28 мая 2011 г. №176 «О совершенствовании системы расследования и учета профессиональных заболеваний в Российской Федерации»; Приказ Минздравсоцразвития России от 15 августа 2011 г. №918н «О внесении изменений в приложение №2 к приказу Минздрава России от 28 мая 2001 г. №176»

Государственной программы Российской Федерации «Развитие здравоохранения» на 2018-2025 гг.³ по вопросам экспертизы и проведению контрольно-надзорных мероприятий в сфере охраны здоровья органы Роспотребнадзора также анализируют ПЗ по республике.

За изученный период установлены профессиональные заболевания у 137 человек, из них 68 женщин. Следует отметить, что продолжают выявляться лица с 2 и более профессиональными заболеваниями: в 2020 г. - 5 человек, 2021 г. - 11 и 2022 г. - 6 пациентов. За три анализируемых года среди профессиональных больных не было лиц с I и II группой инвалидности, всем 8 пациентам установлена III группа инвалидности (табл. 1).

За 2020-2022 гг. в целом по республике диагностировано 166 случаев заболеваний профессиональной этиологии, в т.ч. 107 острых, все со смертельным исходом вследствие новой коронавирусной инфекции у медицинских работников. Хронических профессиональных заболеваний диагностировано 59 случаев. В 2022 г. среди медицинских работников диагностировано 3 случая интерстициального поражения легких после перенесенной НКИ. Среди общего количества профессиональных пациентов за изученный период 78 случаев ПЗ было зарегистрировано среди женщин, что составило 46,9% (в 2020 г. - 20 случаев - 48 %, 2021 г.- 39 случаев - 53 %, 2022 г. - 19 случаев - 40 %) (рис. 1).

Таблица 1

**Количество лиц с впервые установленными диагнозами ПЗ
в Республике Башкортостан за 2020-2022 гг.**

Table 1

**The number of persons with newly diagnosed mental illness in the Republic of Bashkortostan
between 2020 and 2022.**

Наименование	Число больных с впервые установленными диагнозами ПЗ					
	всего			из них женщин		
	2020	2021	2022	2020	2021	2022
Количество лиц с ПЗ	37	60	40	19	32	17
Количество лиц с острыми профессиональными заболеваниями (отравления)	18	31	17	11	21	9
из них со смертельным исходом	18	31	17	11	21	9
Количество лиц с хроническими профессиональными заболеваниями (отравления)	19	29	23	8	11	8
Число лиц с двумя и более зарегистрированными заболеваниями (отравлениями)	5	11	6	1	6	2
Число лиц с впервые установленной инвалидностью вследствие профессионального заболевания (отравления):	2	4	2	2	1	2
3 группы	2	4	2	2	1	2

³ Постановление Правительства РФ от 26.12.2017 N 1640 (ред. от 24.12.2021) "Об утверждении государственной программы Российской Федерации "Развитие здравоохранения"

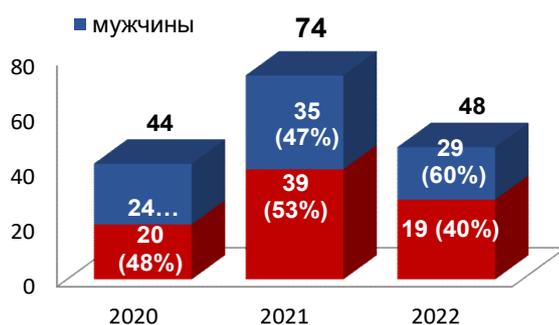


Рис. 1. Доля мужчин и женщин среди лиц с профессиональными заболеваниями по Республике Башкортостан в 2020-2022 гг.

Fig. 1. The share of men and women among persons with occupational diseases in the Republic of Bashkortostan between 2020 and 2022.

За последние десять лет показатели ПЗ в РБ были значительно ниже, чем среднероссийские (рис. 2). Так, в 2020 г. этот показатель составил 0,39 на 10 тыс. работающих, в 2021 г. - 0,71 на 10 тыс. работающих, что в 1,82 раза выше, чем в 2022 г. - 0,49 на 10 тыс. работающих.



Рис. 2. Динамика профессиональной заболеваемости в Российской Федерации и Республике Башкортостан в 2020-2022 годах, на 10,0 тыс. работающих

Fig. 2. Dynamics of occupational morbidity in the Russian Federation and the Republic of Bashkortostan between 2020 and 2022, per 10.0 thousand workers

Анализ показателей ПЗ по видам экономической деятельности, рассчитанных на численность работников в республике в соответствующих отраслях (по данным Башкортостанстата), представлен в таблице 2.

Таблица 2

Показатели профессиональной заболеваемости в Республике Башкортостан по видам экономической деятельности на 10,0 тыс. работников соответствующих отраслей в 2020-2022 годах (‰)

Table 2

Indicators of occupational morbidity in the Republic of Bashkortostan by type of economic activity, per 10.0 thousand workers in relevant industries between 2020 and 2022 (‰)

Виды экономической деятельности	Годы		
	2020	2021	2022
РАЗДЕЛ А «Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство»	1,59	1,93	1,67
РАЗДЕЛ В «Добыча полезных ископаемых»	1,0	2,2	1,95
РАЗДЕЛ С «Обрабатывающие производства»	1,04	3,82	0,99
РАЗДЕЛ D «Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха»			
РАЗДЕЛ F «Строительство»		0,3	
РАЗДЕЛ H «Транспортировка и хранение»	2,0	1	0,28
РАЗДЕЛ L «Деятельность по операциям с недвижимым имуществом»	-	-	-
РАЗДЕЛ M «Деятельность профессиональная, научная и техническая»	-	-	-
РАЗДЕЛ P «Образование»	-	-	-
РАЗДЕЛ Q «Здравоохранение и предоставление социальных услуг»	2,2	3,75	2,15

Многолетние наблюдения по данным ежегодных отчетов органов Роспотребнадзора и Центра профпатологии республики свидетельствовали о том, что до 2020 года первые ранговые места по показателям ПЗ принадлежали добывающим и перерабатывающим производствам и агропромышленному сектору. Резкие изменения наступили после распространения НКИ. В 2020-2022 гг. на первое место по уровню ПЗ вышел раздел Q «Здравоохранение и предоставление социальных услуг». Анализ показателей ПЗ за 2022 год показал, что в медицинских организациях зарегистрирован самый высокий его уровень – 2,15 на 10 тыс. работающих (2021 г. – 3,75, в 2020 г. – 2,2). На втором месте по уровню ПЗ находится раздел В «Добыча полезных ископаемых» – 1,95 на 10,0 тыс. работников (2021 г. – 2,2). Далее следует раздел А «Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство» – 1,67 на 10,0 тыс. работников (2021 г. – 1,93).

В зависимости от вредного фактора производственной среды в структуре профессиональных заболеваний и отравлений первое место принадлежит заболеваниям, вызванным воздействием биологического фактора – 47,9% (2021 г. – 52,7%). Второе место занимают заболевания от воздействия физических перегрузок и перенапряжения отдельных

органов и систем – 29,1% (2021 г. – 35,1%). Воздействие физических факторов привело к развитию 20,8% болезней (2021 г. – 9,5%); 2,2% составили болезни аллергической природы (2021 г. – 0); от воздействия химических факторов и промышленных аэрозолей заболеваний зарегистрировано не было (рис. 3).

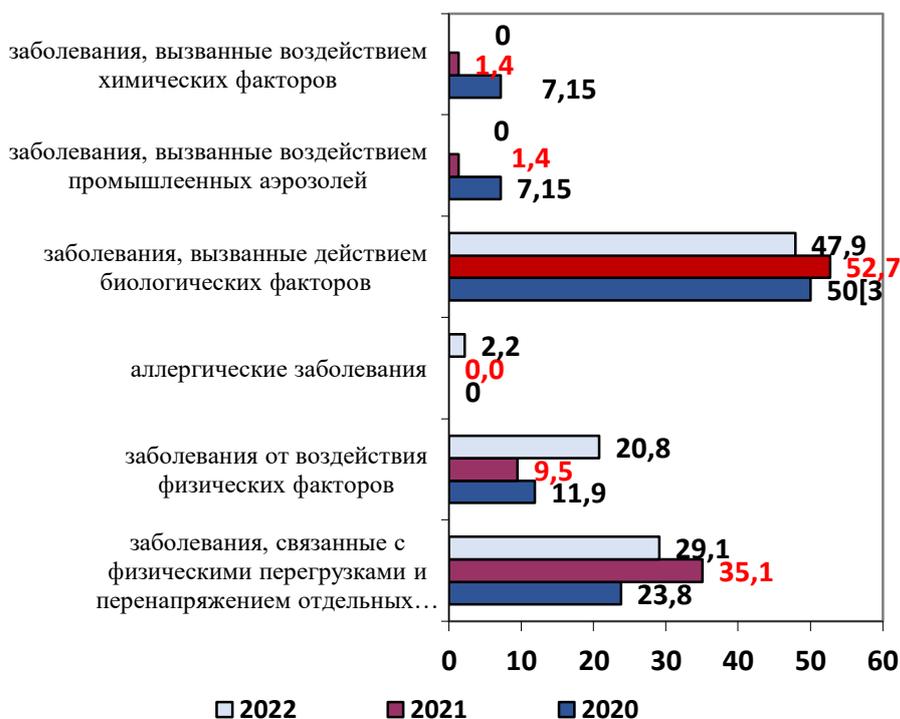


Рис. 3. Структура профессиональных заболеваний в зависимости от воздействия этиологического фактора в Республике Башкортостан в 2020-2022 гг., %

Fig. 3. Structure of occupational diseases depending on the impact of the etiological factor in the Republic of Bashkortostan between 2020 and 2022, %

Как и в предыдущие годы, в 2022 году 6 пациентам (15,0%) диагностировано одномоментно 2 и более профессиональных заболевания. В 2021 году несколько заболеваний было выявлено у 11 (18,3%), а в 2020 году – 5 пациентов (13,5%).

Инвалидами по ПЗ в 2022 году, по данным Главного бюро медико-социальной экспертизы по Республике Башкортостан, были признаны 2 пациента, что составило 5,0 % от всех впервые выявленных инвалидов (2021 г. – 6,7%, 2020 г. – 4,8%).

Острых отравлений, связанных с воздействием производственных химических факторов, за 2020-2021 гг. не зарегистрировано, только 1 случай диагностирован в 2022 г. (острое отравление сероводородом). С 2020 года наблюдался подъем числа случаев острых

профессиональных заболеваний за счет НКИ: и если в 2020 г. их было всего 11, то в 2021 году уже 31, а в 2022 г. наступило снижение до 17 случаев.

Всего у работников медицинских организаций было диагностировано 82 случая профессиональных заболеваний, включая острые заболевания, которые закончились летальным исходом в 100% случаях. В 2022 году было диагностировано 3 случая интерстициального поражения легких у работников, перенесших НКИ, при этом все пациенты уже имели группу инвалидности по заболеванию легких с потерей трудоспособности различной степени, что, согласно нормативно-методической базе, позволило связать данные изменения с профессиональной деятельностью.

В период распространения новой коронавирусной инфекции претерпела изменения и профессиональная принадлежность работников, среди которых профессиональные заболевания регистрировались чаще всего. Ранее профессиональная патология наиболее часто диагностировалась в таких профессиях, как волочильщики, а также крепильщики, проходчики, трактористы. Начиная с 2021 г. мы стали наблюдать развитие профессиональных заболеваний среди работников таких профессий, как врач (2021 г. – 27,0%; 2020 г. – 23,8%), медицинская сестра, фельдшер (20,3% и 19,0% соответственно) (табл. 3).

Таблица 3

Число случаев и удельный вес профессиональных заболеваний среди работников отдельных профессиональных групп в 2020-2022 годах (абс., % из всех впервые выявленных ПЗ)

Table 3

Number of cases and share of occupational diseases among workers of certain professional groups between 2020 and 2022 (abs., % of all newly identified health problems)

Профессия	Годы					
	2020		2021		2022	
	число случаев	удельный вес, %	число случаев	удельный вес, %	число случаев	удельный вес, %
Волочильщик проволоки	4	9,5	5	6,8	4	8,3
Средний медицинский персонал (медицинская сестра, акушерка, фельдшер)	8	19	15	20,3	10	20,8
Врач	10	23,8	20	27,0	10	20,8

Максимальный риск развития хронических профессиональных болезней в зависимости от длительности контакта с факторами производственной среды и трудового процесса, не соответствующими по своим количественным и качественным характеристикам гигиеническим нормам, составлял 31 – 35 лет (26,7%). Впервые в практической деятельности врача-профпатолога мы наблюдали формирование хронического профессионального заболевания – интерстициального поражения легких после перенесенного острого периода НКИ, осложненного эмфиземой легких, пневмосклерозом, дыхательной недостаточностью, среди медицинских работников, оказывающих непосредственную помощь пациентам с COVID-19, при этом стаж работы составлял не более 5 лет (16,6%) (табл. 4).

Таблица 4

Число случаев хронических профессиональных заболеваний и их удельный вес среди медицинских работников в зависимости от стажа работы (абс., % из всех впервые выявленных ПЗ)

Table 4

The number of cases of chronic occupational diseases and their share among healthcare workers, depending on work experience (abs., % of all newly identified occupational diseases)

Стаж работы, в годах	Годы					
	2020		2021		2022	
	число случаев	удельный вес, %	число случаев	удельный вес, %	число случаев	удельный вес, %
0-5	3	6,8	7	9,5	5	10,4
6-10	-	-	1	1,4	-	-
11-15	2	4,5	-	-	5	10,4
16-20	2	4,5	4	5,4	1	2,1
21-25	2	4,5	5	6,8	2	4,2
26-30	6	13,6	3	4,1	5	10,4
31-35	5	11,4	7	9,5	8	16,7
36-40	3	6,8	2	2,7	4	8,3

Обсуждение. Проведенный анализ качественных и количественных характеристик производственных факторов рабочей среды и трудового процесса на промышленных и сельскохозяйственных предприятиях РБ за период распространения новой коронавирусной инфекции свидетельствует об отсутствии значительных положительных изменений в рабочей среде и трудовом процессе. Число рабочих мест на предприятиях республики, которые не соответствуют гигиеническим нормативам, продолжает оставаться довольно высоким, особенно по факторам физической природы - 7%.

Несмотря на замедление процессов роста в экономическом секторе в эти годы и резкое снижение показателей профессиональной заболеваемости в основных отраслях промышленности республики, наблюдался взрывной рост показателей ПЗ, смертности и

инвалидности среди работников медицинских организаций вследствие COVID-19. Пандемия НКИ оказала существенное влияние на показатели ПЗ. Впервые в практике как профпатологов, так и специалистов по гигиене труда Роспотребнадзора, основной причиной резкого изменения качественных и количественных показателей ПЗ явился биологический фактор, в основном за счет возбудителя коронавирусной инфекции SARS-CoV-2. Начиная с 2020 года, наблюдался резкий подъем числа случаев с острыми профессиональными заболеваниями: в 2020 г. – 18, в 2021 г. - 31, в 2022 г. - 17 случаев. Все заболевания были связаны с НКИ (кроме 1 случая в 2022 г. - острое производственное отравление сероводородом) и диагностированы среди лиц медицинских профессий и, в меньшей степени, среди других профессиональных групп работников здравоохранения. В 100% случаях острое заболевание завершилось летальным исходом. Впервые все профпатологи страны в своей экспертной работе столкнулись с молниеносным ростом числа острых профессиональных заболеваний, при этом самый высокий показатель по количеству профессиональных заболеваний наблюдался в 2021 г.- 43,1%, он превысил показатели 2020 г. (42,9%) и 2022 г. (30,8%).

Вопросы сохранения и укрепления здоровья работающего населения, совершенствования политики охраны труда, включающие эффективное обеспечение безопасных условий труда на производстве, должны стать приоритетнейшей задачей государственной политики. Периодические медицинские осмотры должны явиться основой сохранения здоровья работающих, целью которых - профилактика профессиональных и соматических заболеваний и выявление начальных проявлений патологии [18-20].

Заключение. В условиях быстро изменяющейся социально-экономической, эпидемиологической ситуации в стране разработка и внедрение специализированных программ профилактики и укрепления здоровья на рабочем месте («Демография», «Здравоохранение»), выполненных на основе управления рисками, позволяет минимизировать уровни профессиональных рисков и укрепить здоровье работников. Выполнение указанных мероприятий должно основываться на средства работодателя, которые должны быть направлены на улучшение качества рабочей среды, профилактику профессиональных заболеваний, что требует неукоснительного выполнения работодателями требований санитарно-эпидемиологического законодательства.

Список литературы:

1. Измеров Н.Ф., Бухтияров И.В., Прокопенко Л.В., Шиган Е.Е. Реализация глобального плана действий по охране здоровья работающих в Российской Федерации. Медицина труда и промышленная экология. 2015; 9: 4-10.
2. Бухтияров И.В. Современное состояние и основные направления сохранения и укрепления здоровья работающего населения России. Медицина труда и промышленная экология. 2019; 9: 527-32.
3. Bandyopadhyay S, et al. BMJ Global Health. 2020; 5: e003097. doi: 10.1136/bmjgh-2020-003097.

4. Валеева Э.Т., Шайхлисламова Э.Р., Бакиров А.Б., Ахметшина В.Т. Covid-19 как причина изменения структуры профессиональной заболеваемости в Республике Башкортостан. Санитарный врач. 2021; 05 (208):33-40.
5. Профессиональная патология в Республике Башкортостан в период коронавирусной пандемии. Анализ риска здоровью – 2021. Внешнесредовые, социальные, медицинские и поведенческие аспекты. Совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью RISE-2021: материалы XI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием : в 2 т. / под ред. проф. А.Ю. Поповой, акад. РАН Н.В. Зайцевой. – Пермь : Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2021:124-127.
6. Clinical management of COVID-19. World Health Organization website. <https://www.who.int/publications/i/item/clinical-management-of-covid-19>. Published 2020. Accessed October 6, 2020.
7. Tan Z., Khoo D.W.S., Zeng L.A., Tien J.C., Lee A.K.Y., Ong Y.Y. et al. Protecting health care workers in the front line: Innovation in COVID-19 pandemic. J Glob Health. 2020;10(1).
8. Zhang M., Zhou M., Tang F., Wang Y., Nie H., Zhang L. et al. Knowledge, attitude, and practice regarding COVID-19 among healthcare workers in Henan, China. JHospInfect. 2020;105(2):183–187.
9. Bielicki J.A., Duval X., Gobat N., Goossens H., Koopmans M., Tacconelli E., van der Werf S. Monitoring approaches for health-care workers during the COVID-19 pandemic. The Lancet Infectious Diseases. 2020; 20(10): 261-267. URL: [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(20\)30458-8](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(20)30458-8)
10. Dan J.M., Mateus J., Kato Y. et al. Immunological memory to SARS-CoV-2 assessed for up to 8 months after infection. Science. 2021; 371 (6529): eabf4063. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.abf4063>
11. Терегулова З.С., Валеева Э.Т., Бакиров А.Б. Особенности экспертизы связи заболевания с профессией. Covid-19 и страховые гарантии медицинских работников. Журнал инфектологии. 2022. Приложение 2.14(5):81-82.
12. Атьков О. Ю., Горохова С. Г., Пфаф В. Ф. Коронавирусная инфекция — новая проблема в профессиональной заболеваемости медицинских работников. Мед. труда и пром. экология. 2021; 1: 40–48.
13. Новое в диагностике, лечении и профилактике социально значимых инфекций. Материалы международной научно-практической конференции. Уфа, 2022 – 120 с.
14. Cheese F, Coulton H. Predicting the COVID-19 Pandemic: The Perceptions of Healthcare Workers and the General Public. Cureus. 2021;13 (1): e12615 DOI:10.7759/cureus.12615
15. Abdulkadir Abdi, Abdulrazaq Yusuf Ahmed, Abdulmunim Mohamed, Mary Karanja, Abera Solomon, Farid Muhammad, Mengistu Kumlachew, Majdouline Obtel, and Sk Md Mamunur Rahman Malik. Preliminary findings of COVID-19 infection in health workers in Somalia: a reason for concern. Int. J Infect Dis. 2021; 10. doi: 10.1016/j.ijid.2021.01.066.
16. The Lancet COVID-19: protecting health-care workers. Lancet. 2020; 395: 922. doi: 10.1016/S0140–6736 (20) 30644–9.

17. Mhango M, Dzobo M, Chitungo I, Dzinamarira T. COVID-19 risk factors among health workers: a rapid review. *Saf Health Work*. 2020; 11: 262–265. doi: 10.1016/j.shaw.2020.06.001
18. Дордина С.Г., Евлашко Ю.П., Марсагишвили М.А., Машинский А.А. Периодические медицинские осмотры как эффективный этап всеобщей диспансеризации населения. *Медицина труда и промышленная экология*. 2017; 8: 55-59.
19. Назарова Т.Ю., Петицкая Ю.Ю., Вадулина Н.В., Федосов А.В. Влияние качества проведения периодических медицинских осмотров на уровень выявления профессиональных заболеваний. Экспертиза промышленной безопасности и диагностика опасных производственных объектов: материалы Международной научно-практической конференции. Уфа, 22–23 марта 2018 года. Уфа: Восточная печать, 2018. – С. 120-124.
20. Фадеев Г.А., Гарипова Р.В., Архипов Е.В. и др. Роль периодических медицинских осмотров в профилактике профессиональных и соматических заболеваний. *Вестник современной клинической медицины*. 2019; 4 (12): 99-105. doi: 10.20969/VSKM.2019.12(4).99-105.

Refertences:

1. Izmerov N.F., Bukhtiyarov I.V., Prokopenko L.V., Shigan E.E. Implementation of a global action plan to protect workers' health in the Russian Federation. *Medicina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2015; 9: 4-10.
2. Bukhtiyarov I.V. Current state and main directions of preserving and strengthening the health of the working population of Russia. *Medicina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2019; 9: 527-32.
3. Bandyopadhyay S, et al. *BMJ Global Health*. 2020; 5: e003097. doi: 10.1136/bmjgh-2020-003097.
4. Valeeva E.T., Shaikhislamova E.R., Bakirov A.B., Akhmetshina V.T. Covid-19 as a reason for changes in the structure of occupational morbidity in the Republic of Bashkortostan. *Sanitarnyj vrach*. 2021; 05 (208):33-40.
5. Occupational pathology in the Republic of Bashkortostan during the coronavirus pandemic. Health risk analysis - 2021. External environmental, social, medical and behavioral aspects. Together with the international meeting on environment and health RISE-2021: materials of the XI All-Russian scientific and practical conference with international participation: in 2 volumes / ed. prof. A.Yu. Popova, acad. RAS N.V. Zaitseva. – Perm: Perm Publishing House. national research Polytechnic Univ., 2021:124-127.
6. Clinical management of COVID-19. World Health Organization website. <https://www.who.int/publications/i/item/clinical-management-of-covid-19>. Published 2020. Accessed October 6, 2020.
7. Tan Z., Khoo D.W.S., Zeng L.A., Tien J.C., Lee A.K.Y., Ong Y.Y. et al. Protecting health care workers in the front line: Innovation in COVID-19 pandemic. *J Glob Health*. 2020;10(1).

8. Zhang M., Zhou M., Tang F., Wang Y., Nie H., Zhang L. et al. Knowledge, attitude, and practice regarding COVID-19 among healthcare workers in Henan, China. *JHospInfect.* 2020;105(2):183–187.
9. Bielicki J.A., Duval X., Gobat N., Goossens H., Koopmans M., Tacconelli E., van der Werf S. Monitoring approaches for health-care workers during the COVID-19 pandemic. *The Lancet Infectious Diseases.* 2020; 20(10): 261-267. URL: [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(20\)30458-8](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(20)30458-8)
10. Dan J.M., Mateus J., Kato Y. et al. Immunological memory to SARS-CoV-2 assessed for up to 8 months after infection. *Science.* 2021; 371 (6529): eabf4063. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.abf4063>
11. Teregulova Z.S., Valeeva E.T., Bakirov A.B. Features of the examination of the relationship between the disease and Covid-19-related profession and insurance guarantees for healthcare workers. *Zhurnal infektologii.* 2022; 2.14(5):81-82.
12. Atkov O. Yu., Gorokhova S. G., Pfaf V. F. Coronavirus infection is a new problem in the occupational morbidity of healthcare workers. *Medicina truda i promyshlennaya ekologiya.* 2021; 1: 40–48.
13. New in the diagnosis, treatment and prevention of socially significant infections. Proceedings of the international scientific and practical conference. Ufa, 2022 – 120 p.
14. Cheese F, Coulton H. Predicting the COVID-19 Pandemic: The Perceptions of Healthcare Workers and the General Public. *Cureus.* 2021;13 (1): e12615 DOI:10.7759/cureus.12615
15. Abdulkadir Abdi, Abdulrazaq Yusuf Ahmed, Abdulmunim Mohamed, Mary Karanja, Abera Solomon, Farid Muhammad, Mengistu Kumlachew, Majdouline Obtel, and Sk Md Mamunur Rahman Malik. Preliminary findings of COVID-19 infection in health workers in Somalia: a reason for concern. *Int. J Infect Dis.* 2021; 10. doi: 10.1016/j.ijid.2021.01.066.
16. The Lancet COVID-19: protecting health-care workers. *Lancet.* 2020; 395: 922. doi: 10.1016/S0140–6736 (20) 30644–9.
17. Mhango M, Dzobo M, Chitungo I, Dzinamarira T. COVID-19 risk factors among health workers: a rapid review. *Saf Health Work.* 2020; 11: 262–265. doi: 10.1016/j.shaw.2020.06.001
18. Dordina S.G., Evlashko Yu.P., Marsagishvili M.A., Mashinsky A.A. Periodic medical check-ups as an effective stage of general medical examination of the population. *Medicina truda i promyshlennaya ekologiya.* 2017; 8: 55-59.
19. Nazarova T.Yu., Petitskaya Yu.Yu., Vadulina N.V., Fedosov A.V. The influence of the quality of periodic health check-ups on the level of detection of occupational diseases. Industrial safety examination and diagnostics of hazardous production facilities: proceedings of the International Scientific and Practical Conference. Ufa, March 22–23, 2018. Ufa: Eastern Press, 2018. – pp. 120-124.
20. Fadeev G.A., Garipova R.V., Arkhipov E.V. and others. The role of periodic health check-ups in the prevention of occupational and somatic diseases. *Vestnik sovremennoj klinicheskoy mediciny.* 2019; 4 (12): 99-105. doi: 10.20969/VSKM.2019.12(4).99-105.

УДК 616.28-008.14:613.644]:613.6.027

**АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ТРУДА И ГИГИЕНИЧЕСКАЯ
ОЦЕНКА РИСКА РАЗВИТИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ
НЕЙРОСЕНСОРНОЙ ТУГОУХОСТИ**

Фунтикова И.С.¹, Смирнова Е.Л.^{2,3}, Потеряева Е.Л.^{2,4}, Базуева А.С.²

¹ГБУЗ НСО «Государственная Новосибирская областная клиническая больница»,
Новосибирск, Россия

²ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава
России, Новосибирск, Россия

³НИИ терапии и профилактической медицины – филиал ИЦиГ СО РАН,
Новосибирск, Россия

⁴ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора, Новосибирск, Россия

Профессиональная нейросенсорная тугоухость (ПНСТ) в настоящее время является лидирующей патологией в структуре профессиональных заболеваний и выявляется у работников большинства отраслей экономики.

Проблему профилактики и прогнозирования ПНСТ можно отнести к числу социально значимых, что актуализирует проведение анализа условий труда работающих шумоопасных профессий, являясь основанием для поиска информативных прогностических критериев риска развития ПНСТ.

Цель исследования – провести анализ условий труда у больных ПНСТ и рабочих шумоопасных профессий для расчета индивидуального профессионального риска.

Материалы и методы. Проведено обследование 237 мужчин. Из них 152 человека с ПНСТ и 85 человек – рабочие шумоопасных профессий без ПНСТ (группа сравнения). Больные основной группы были разделены на две группы в зависимости от сроков развития заболевания. Проведен анализ результатов клинико-функциональных и инструментальных методов исследований, санитарно-гигиенических условий труда. Статистический анализ проводился в программной среде RStudio software, Inc., Boston, MA, версия 1.2.1335.

Результаты. Результаты исследований показали, что по стажу, классам условий труда и принадлежности к различным профессиональным категориям статистически значимых различий между группами пациентов с ранними и поздними сроками развития ПНСТ не выявлено. Установлены статистически значимые различия по различным профессиональным категориям между основной и группой сравнения. При построении логистической модели вероятности развития профессиональной нейросенсорной тугоухости было обнаружено, что на развитие профессиональной НСТ влияет длительность трудового стажа, уровень шума на рабочем месте, наличие гипертрофии левого желудочка по данным ЭКГ и уровень триглицеридов (ТГ) при биохимическом исследовании крови.

Ключевые слова: профессиональная нейросенсорная тугоухость, производственный шум, профессиональные заболевания, санитарно-гигиеническая характеристика, условия

труда, профессиональный риск, индивидуальный риск, вредные производственные факторы.

Для цитирования: Фунтикова И.С., Смирнова Е.Л., Потеряева Е.Л., Базуева А.С. Анализ условий труда и гигиеническая оценка риска развития профессиональной нейросенсорной тугоухости. Медицина труда и экология человека. 2023; 4:22-38.

Для корреспонденции: Фунтикова Инна Сергеевна, врач-оториноларинголог ГБУЗ НСО «Государственная Новосибирская областная клиническая больница», e-mail: innafuntikova54@mail.ru.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10402>

ANALYSIS OF WORKING CONDITIONS AND HYGIENIC ASSESSMENT OF THE RISK OF DEVELOPING OCCUPATIONAL SENSORINEURAL HEARING LOSS

Funtikova I.S.¹, Smirnova E.L.^{2,3}, Poteryaeva E.L.^{2,4}, Bazueva A.S.²

¹Novosibirsk State Medical University, Novosibirsk, Russia

²Novosibirsk Research Institute of Hygiene, Novosibirsk, Russia

³Research Institute of Therapy and Preventive Medicine - Branch of the Federal Research Center Institute of Cytology and Genetics SB RAS, Novosibirsk, Russia

⁴State Novosibirsk Regional Clinical Hospital, Novosibirsk, Russia

Occupational sensorineural hearing loss (NST) is currently the leading pathology in the structure of occupational diseases and is detected among workers in most economic sectors.

The problem of prevention and prediction of ONS can be attributed to the number of socially significant, which actualizes the analysis of the working conditions of working noise-hazardous professions, being the basis for the search for informative prognostic criteria for the risk of developing PNST.

Introduction. *To analyze the working conditions of patients with ONST and workers of noise-hazardous professions to calculate individual professional risk.*

Materials and methods. *A survey of 237 men was conducted. Of these, 152 people with PNST and 85 people are workers of noise-hazardous professions without ONST (comparison group). The patients of the main group were divided into two groups depending on the timing of the development of the disease. The analysis of the results of clinical, functional and instrumental research methods, sanitary and hygienic working conditions was carried out. Statistical analysis was carried out in the software environment of R Studio software, Inc., Boston, MA, version 1.2.1335.*

Results. *The results of the studies showed that there were no statistically significant differences between the groups of patients with early and late stages of the development of ONST in terms of length of service, classes of working conditions and belonging to various professional categories. Statistically significant differences in various professional categories between the main and the comparison group were revealed. When constructing a logistic model of the probability of the*

development of professional sensorineural hearing loss, it was found that the development of professional NST is influenced by the length of work experience, the level of noise in the workplace, the presence of left ventricular hypertrophy according to ECG data and the level of triglycerides (TG) during a biochemical blood test.

Keywords: *occupational sensorineural hearing loss, industrial noise, occupational diseases, sanitary and hygienic characteristics, working conditions, occupational risk, individual risk, harmful production factors.*

For citation: *Funtikova I.S., Smirnova E.L., Poteryaeva E.L., Bazueva A.S. Analysis of working conditions and hygienic assessment of the risk of developing occupational sensorineural hearing loss. Occupational Health and Human Ecology. 2023; 4;22-38.*

For correspondence: *Inna S. Funtikova., otorhinolaryngologist of the Novosibirsk State regional clinical hospital, Novosibirsk, Russia, 630087. E-mail: innafuntikova54@mail.ru.*

Financing: *the study had no financial support.*

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

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10401>

Введение. Шум является доказанным фактором профессионального риска и причиной профессиональной потери слуха [1, 2, 3, 4].

Профессиональная нейросенсорная тугоухость (ПНСТ) в настоящее время является лидирующей патологией в структуре профессиональных заболеваний и выявляется у работников большинства отраслей [5].

Одним из основных механизмов формирования ПНСТ является длительная экспозиция шума, превышающего предельно допустимый уровень (ПДУ). Для повышения эффективности профилактики негативного воздействия производственного шума необходимо использовать систему оценки и управления профессиональными и индивидуальными рисками [6, 7, 8].

Начиная с 2011 г. в России активно используется унифицированная методика оценки индивидуального и группового профессионального риска с учетом фактических условий труда, вероятности травмирования, качества используемых средств индивидуальной защиты, состояния здоровья работника, выявленных профессиональных заболеваний и несчастных случаев на производстве [9, 10, 11, 12, 13].

Методологической основой вторичной профилактики является ранняя диагностика, выявление признаков заболевания на доклинической стадии, профессиональный отбор лиц во вредные и опасные условия труда, выделение групп риска и диспансерное наблюдение, что достигается своевременным и качественным проведением предварительных и периодических медицинских осмотров с применением высокочувствительных диагностических маркеров риска [14, 15, 16, 17, 18, 19].

Учитывая актуальность данной проблемы, необходимо разрабатывать и внедрять дополнительные критерии, которые могут быть использованы для прогнозирования вероятности возникновения у рабочих ПНСТ в дополнение к стандартным методам.

Цель исследования – провести анализ условий труда у больных ПНСТ и рабочих шумоопасных профессий для расчета индивидуального профессионального риска.

Материалы и методы. Обследовано 237 мужчин. Из них 152 человека с ПНСТ и 85 человек – рабочие шумоопасных профессий без ПНСТ. Средний возраст пациентов в исследуемой группе составил 57 [52,75, 60,25] лет, средний стаж работы в контакте с шумом составил 29,5 [23, 34,25] года.

Больные ПНСТ были разделены на две группы в зависимости от сроков развития заболевания. 1 группа - 58 человек с ранними сроками развития заболевания (стаж работы в мужчин шуме менее 15 лет; средний возраст – 55,5 [51,25, 60]), 2 группа - 94 человека с поздними сроками развития заболевания (стаж работы в шуме более 15 лет; средний возраст – 57 [53,25, 60,75]).

Группа сравнения – 85 человек: средний возраст – 57 [52, 63] лет, средний стаж работы в контакте с шумом – 25 [19, 32] лет.

С целью оценки влияния профессионального риска на формирование ПНСТ был проведен подробный анализ условий труда обследованных лиц. Гигиенический анализ условий труда выполнен согласно Р.2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» [20].

Изучены клинические, функциональные, инструментальные методы исследований пациентов с ПНСТ и группы контроля, проведен анализ архивного материала, представленный амбулаторными картами, историями болезни и компьютерной базой данных.

Статистический анализ проводился в программной среде RStudio software, Inc., Boston, MA, версия 1.2.1335. Во всех случаях различия признавались статистически значимыми при достигнутом уровне значимости $P < 0,05$.

Результаты. Анализ санитарно-гигиенической характеристики условий труда обследованных лиц показал, что все рабочие подвергались сочетанному воздействию вредных производственных факторов.

Больные ПНСТ представлены следующими профессиональными группами: гражданская авиация (пилоты, бортмеханики, бортинженеры штурманы, бортрадисты), работники предприятий металлургии (фрезеровщики, формовщики, заточники, заливщики, клепальщики, слесари-сборщики, электросварщики, токари, машинисты котельных установок, шихтовщики), работники горно-добывающей отрасли (водители карьерного большегрузного автотранспорта, бульдозеристы, машинисты буровых станков, горных вымочных машин, машинисты экскаватора, тепловоза, электровоза, автогрейдера, трактористы, подземные проходчики), работники водного транспорта (капитан-механик, штурман, механик плавкрана).

Наряду с воздействием производственного шума обследованные подвергались воздействию ряда сопутствующих производственных факторов, таких как вибрация, инфразвук, производственная пыль. Основные неблагоприятные производственные

факторы, воздействующие на работающих, подвергающихся воздействию производственного шума, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Распределение пациентов по воздействующим вредным производственным факторам

Table 1

Distribution of patients in terms of exposure to harmful occupational factors

Характеристики	Группа сравнения	Больные ПНСТ	P-value [95% ДИ]‡	Все наблюдения
Вибрация общая (дБ)	115 [110,75, 118,25]	113 [103, 119,5]	0,264 [-2, 7]	113,3 [108, 119]
Вибрация локальная (дБ)	123 [115, 130]	121 [114, 129]	0,386 [-2, 8]	122 [115, 129,75]
Инфразвук (дБ)	95 [91, 102,5]	97 [90, 103,5]	>0,99 [-9, 14]	97 [90, 104]
Пыль (мг/м ³)	7,1 [3,94, 16,3]	4,5 [2,78, 9,8]	0,103 [-0,3, 5]	6,7 [3,15, 11,8]
Уровень шума (дБА)	85,1 [82, 92]	92,5 [87, 101]	<0,001*** [-8, -4]	91 [84, 99,62]

‡P-значения U-критерия Манна-Уитни [разница 95% ДИ для медианы]; *P-value < 0,1, **P-value < 0,05, ***P-value < 0,001. Для ненормально распределенных количественных показателей указаны медиана, 1-й и 3-й квартили.

‡P-values of the Mann-Whitney U test [difference 95% CI for median]; *P-value < 0.1, **P-value < 0.05, ***P-value < 0.001. For non-normally distributed quantitative indicators, the median, 1st and 3rd quartiles are indicated.

Как видно из таблицы 1, в группе больных эквивалентный уровень производственного шума составил 92,5 дБА, а в группе сравнения 85,1 дБА (P<0,001). Следовательно, в группе больных ПНСТ профессиональный риск был выше, чем в группе здоровых рабочих шумоопасных профессий. По уровню сопутствующих производственных факторов статистически значимых различий между группами больных ПНСТ и группой сравнения получено не было.

Анализ уровня сопутствующих производственных факторов был проведен также в группах больных с ранними и поздними сроками развития ПНСТ. Данные представлены в таблице 2.

Таблица 2

Распределение пациентов с ранними и поздними сроками развития ПНСТ по воздействию производственным факторам

Table 2

Distribution of patients with early and late stages of development of ONST by influencing production factors

Производственный фактор	Неустойчивые (стаж < 15 л)	Устойчивые (стаж > 15 л)	P-value [95% ДИ]‡	Все наблюдения
Вибрация общая (дБ)	112 [103, 120]	113,5 [103,75, 118,5]	0,888 [-7,7, 7]	113 [103, 119,5]
Вибрация локальная (дБ)	128 [110, 131,4]	120,5 [116,25, 127,75]	0,699 [-7, 10]	121 [114, 129]
Инфразвук (дБ)	97 [97, 102]	97 [72, 106]	0,563 [-7, 26]	97 [90, 103,5]
Пыль (мг/м ³)	3,15 [2,08, 4,5]	7,03 [3,94, 11,7]	0,039** [-9, -0,1]	4,5 [2,78, 9,8]
Уровень шума (дБ)	91 [86, 98]	95,5 [89, 102]	0,051* [-6, 0]	92,5 [87, 101]

‡P-значения U-критерия Манна-Уитни [разница 95% ДИ для медианы]; *P-value < 0,1, **P-value < 0,05, ***P-value < 0,001. Для ненормально распределенных количественных показателей указаны медиана, 1-й и 3-й квартили.

‡P-values of the Mann-Whitney U test [difference 95% CI for median]; *P-value < 0.1, **P-value < 0.05, ***P-value < 0.001. For non-normally distributed quantitative indicators, the median, 1st and 3rd quartiles.

Обнаружена тенденция к наличию статистически значимых различий по уровню шума. Оказалось, что средний уровень производственного шума в группе больных с ранними сроками развития заболевания составил 91 дБА, а в группе пациентов с поздними сроками развития заболевания – 95,5 дБА (P=0,051).

Статистически значимые различия были выявлены по уровню промышленного аэрозоля (P=0,039) среди пациентов с ранними и поздними сроками развития заболевания. Так, у больных с ранними сроками развития ПНСТ уровень воздействующей производственной пыли был достоверно ниже, чем у пациентов с поздними сроками развития заболевания. Этот факт может объясняться тем, что группы могут различаться между собой по профессиональному составу.

В ходе анализа условий труда произведена оценка распределения пациентов по классам условий труда в зависимости от уровня производственного шума. Достоверных различий по классам условий труда в группах больных ПНСТ и сравнения, а также в группах больных с ранними и поздними сроками развития заболевания не обнаружено.

Произведено распределение профессиональных групп (пациенты всей исследуемой выборки) по воздействию вредным производственным факторам (табл. 3).

Таблица 3

Распределение профессиональных групп по воздействующим вредным факторам

Table 3

Distribution of professional groups by influencing harmful factors

Производственные факторы	Водный транспорт	Горнодобывающая отрасль	Гражданская авиация	Предприятия металлургии	P-value†
Вибрация общая (дБ)	108 [82,5, 118,5]	114 [110, 118]	116 [111, 120,5]	106,5 [96,75, 113,975]	0,02**
Вибрация локальная (дБ)	-	121,5 [116,25, 128]	129 [119,5, 130,75]	120,5 [112,25, 131,75]	0,344
Инфразвук (дБ)	-	105 [101, 108,5]	97 [90, 102]	90 [90, 97]	0,038**
Пыль (мг/м ³)	-	6,5 [3, 15]	3,96 [2,49, 5,43]	6,75 [3,88, 11,05]	0,511
Уровень шума (дБ)	102 [101, 102]	86 [82,75, 93]	97,84 [91, 107]	86,5 [83, 93,55]	<0,001** *

†P-значения теста Краскела-Уоллиса; *P-value < 0,1, **P-value < 0,05, ***P-value < 0,001; Для ненормально распределенных количественных показателей указаны медиана, 1-й и 3-й квартили.

†Kruskal-Wallis test P-values; *P-value < 0.1, **P-value < 0.05, ***P-value < 0.001; For non-normally distributed quantitative indicators, the median, 1st and 3rd quartiles.

Обнаружены статистически значимые различия между профессиональными группами по уровню производственной вибрации (P=0,02), инфразвука (P=0,038), шума (P<0,001).

В профессиональных группах, где по результатам теста Краскела-Уоллиса были обнаружены статистически значимые различия (P<0,05), производились апостериорные попарные сравнения с использованием теста Данна, последующей коррекцией полученных P-значений поправкой Бенжамини-Хохберга и расчетом 95% доверительных интервалов для разницы медиан в каждой паре сравнения. Результаты анализа представлены графически на рисунках 1, 2, 3.

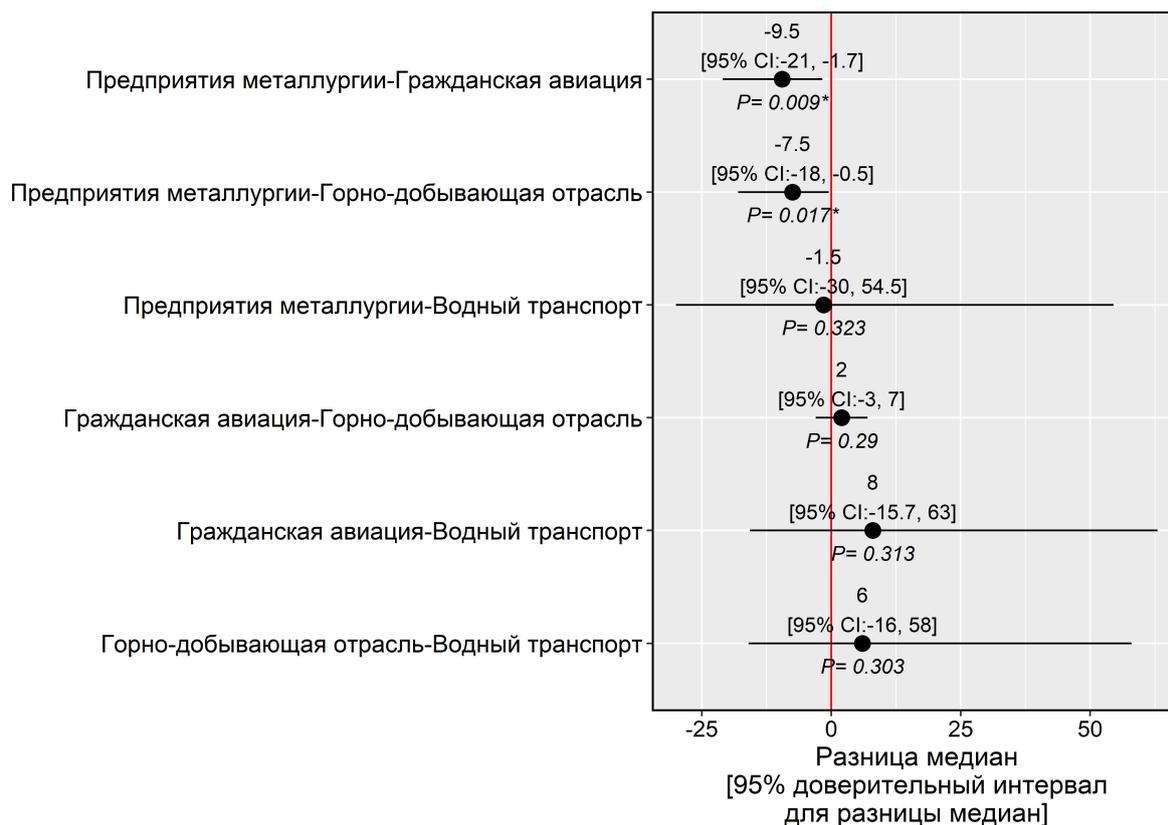


Рис. 1. Апостериорные (попарные) сравнения уровней общей вибрации (дБ) среди различных профессиональных групп

Fig. 1. Post hoc (pairwise) comparisons of total vibration levels (dB) among different occupational groups

По оси ординат указаны сравниваемые пары. Опытная разность медиан общей вибрации (дБА) в каждой сравниваемой паре указана точкой на графике и соответствует оси абсцисс. Размах от каждой точки на графике соответствует ширине 95% доверительного интервала для разницы медиан. Дополнительно указаны P-значения теста Данна в каждой сравниваемой паре.

Медиана общей вибрации в гражданской авиации на 9,5 [95% ДИ: 1,7, 21] дБ статистически значимо ($P=0,009$) выше, чем в предприятиях металлургии. Медиана общей вибрации в горнодобывающей отрасли на 7,5 [95% ДИ: 1,7, 21] дБ статистически значимо ($P=0,017$) выше, чем в предприятиях металлургии. По остальным парам сравнения статистически значимых различий не выявлено, как представлено на рисунке 2.

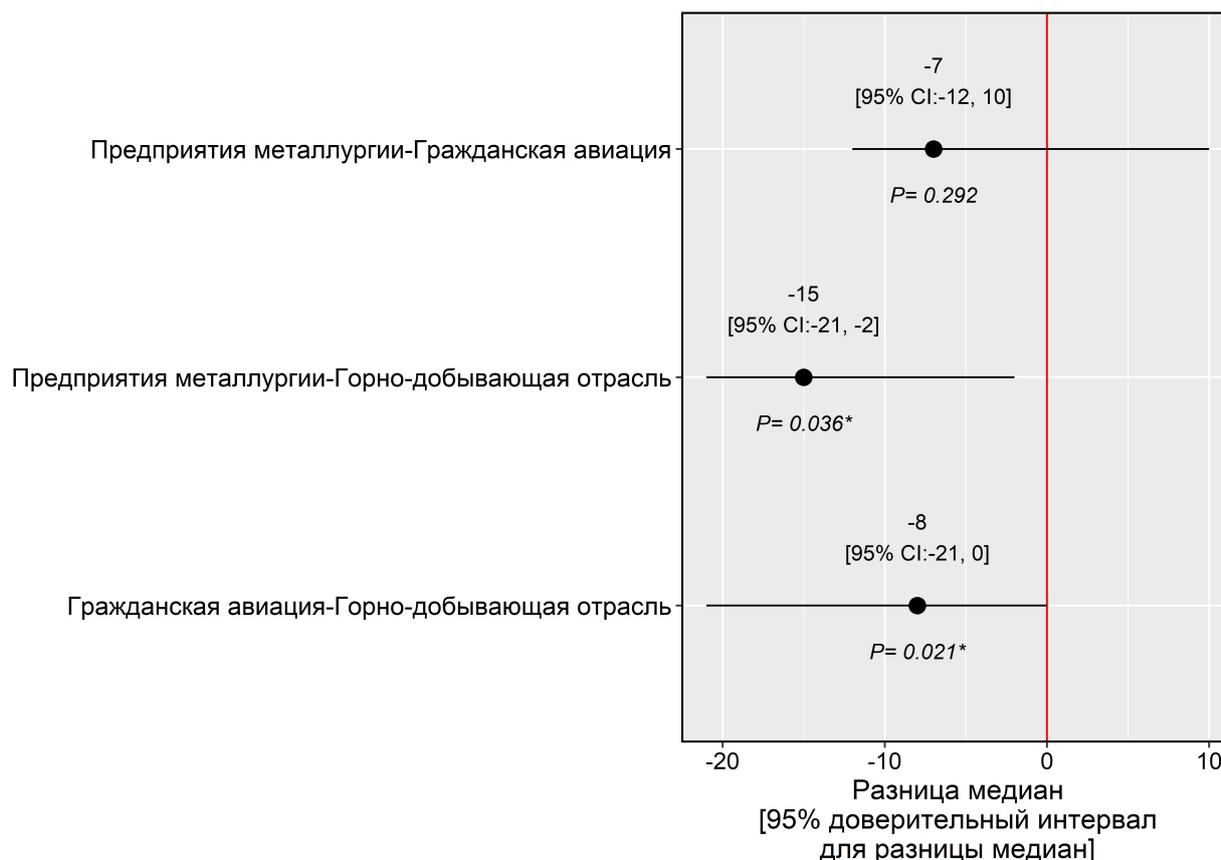


Рис. 2. Апостериорные (попарные) сравнения уровней инфразвука (дБА) среди различных профессиональных групп

Fig. 2. Post hoc (pairwise) comparisons of infrasound levels (dBA) among different occupational groups

По оси ординат указаны сравниваемые пары. Опытная разность медиан инфразвука (дБА) в каждой сравниваемой паре указана точкой на графике и соответствует оси абсцисс. Размах от каждой точки на графике соответствует ширине 95% доверительного интервала для разницы медиан. Дополнительно указаны P-значения теста Данна в каждой сравниваемой паре.

Медиана инфразвука в горнодобывающей отрасли на 15 [95% ДИ: 2, 21] дБА статистически значимо ($P=0,036$) выше, чем в предприятиях металлургии. Медиана инфразвука в горнодобывающей отрасли на 8 [95% ДИ: 0, 21] дБА статистически значимо ($P=0,021$) выше, чем в гражданской авиации. По остальным парам сравнения статистически значимых различий не выявлено.

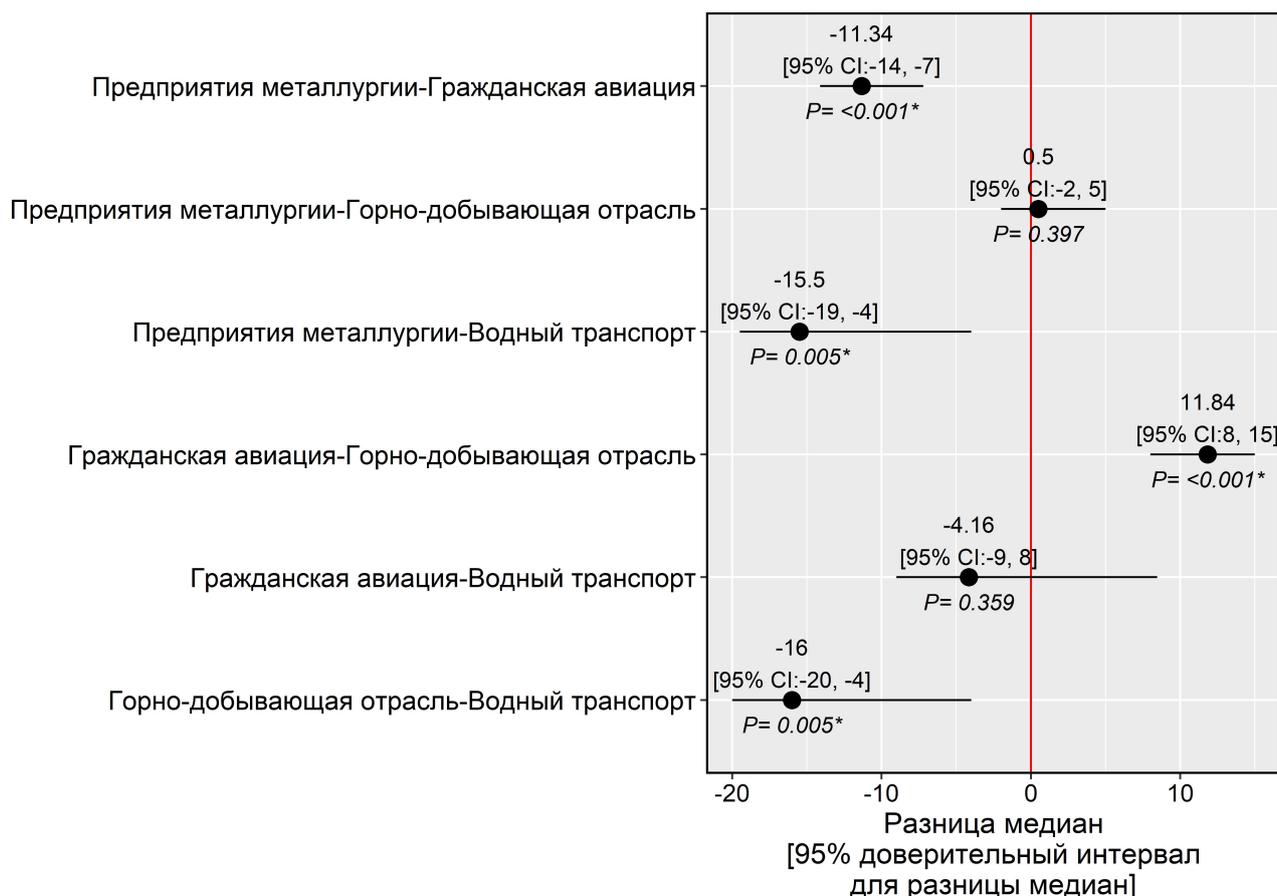


Рис. 3. Апостериорные (попарные) сравнения уровней шума (дБА) среди различных профессиональных групп

Fig. 3. Post hoc (pairwise) comparisons of noise levels (dBA) among different occupational groups

По оси ординат указаны сравниваемые пары. Опытная разность медиан инфразвука (дБ) в каждой сравниваемой паре указана точкой на графике и соответствует оси абсцисс. Размах от каждой точки на графике соответствует ширине 95% доверительного интервала для разницы медиан. Дополнительно указаны P-значения теста Данна в каждой сравниваемой паре.

Медиана уровня шума в гражданской авиации на 11,34 [95% ДИ: 7, 14] дБА статистически значимо ($P < 0,001$) выше, чем в предприятиях металлургии. Медиана уровня шума в водном транспорте на 15,5 [95% ДИ: 4, 19] дБА статистически значимо ($P = 0,005$) выше, чем в предприятиях металлургии. Медиана уровня шума в гражданской авиации на 11,84 [95% ДИ: 8, 15] дБА статистически значимо ($P < 0,001$) выше, чем в горнодобывающей отрасли. Медиана уровня шума в водном транспорте на 16 [95% ДИ: 4, 20] дБА статистически значимо ($P = 0,005$) выше, чем в горнодобывающей отрасли. По остальным парам сравнения статистически значимых различий не выявлено.

Для проведения корреляционного анализа в группах обследованных произведена оценка результатов биохимического исследования крови. Обнаружены статистически значимые различия между группами больных ПНСТ и группой сравнения по уровню триглицеридов (ТГ) ($P = 0,004$), глюкозы ($P = 0,048$), ЛПНП ($P = 0,003$). В группе здоровых рабочих

шумоопасных профессий достоверно выше был уровень глюкозы и ЛПНП по сравнению с группой больных ПНСТ, а уровень ТГ достоверно ниже. При этом средний уровень глюкозы и ТГ в обеих группах соответствовал нормальным значениям, а средний уровень ЛПНП в группе контроля превышал норму.

Биохимические показатели липидного профиля анализировали в группах больных с ранними и поздними сроками развития заболевания. Статистически значимых различий обнаружено не было.

Всем пациентам проводили ЭКГ исследование. Статистически значимых различий между группами устойчивых и неустойчивых по стажу по результатам ЭКГ исследования выявлено не было. Обнаружена лишь тенденция к наличию статистически значимых различий по частоте метаболических изменений миокарда. Метаболические изменения миокарда в группе больных с ранними сроками развития ПНСТ встречались у 24% обследованных по сравнению с 40% в группе с поздними сроками развития заболевания ($P=0,053$).

Для оценки корреляционных связей между ПНСТ и клиническими предикторами, количественным выражением вероятности развития заболевания (индивидуального профессионального риска) использовался метод логистической регрессии. Точность дискриминации между контролем и основной группой определялась с помощью ROC-анализа. Переменные включались в модель при уровне значимости (P) бета-коэффициентов $<0,1$. Для получения наивысшего качества модели производилась ее перестройка с пошаговым исключением статистически незначимых регрессоров. Свободный член и коэффициенты регрессионной модели прогноза наличия ПНСТ представлены в таблице 4.

Таблица 4

Результаты логистической регрессии. Зависимая переменная – наличие нейросенсорной тугоухости

Table 4

Logistic regression results. Dependent variable – presence of sensorineural hearing loss

	β	SE β	OR [95% ДИ]
(Intercept)	-7,663***	1,761	
Трудовой стаж (лет)	0,052**	0,018	1,053[1,017-1,093]
Шум (дБ)	0,071***	0,017	1,074[1,039-1,113]
Отсутствие гипертрофии левого желудочка (ЭКГ)	-0,768*	0,35	0,464[0,228-0,907]
Уровень ТАГ (ммоль/л)	0,665*	0,262	1,944[1,198-3,36]
Общая оценка модели	Общая оценка модели: Отношение правдоподобия $P<0,001$ ***, тест Хосмера-Лемешоу $P=0,313$, псевдо $R^2: 0,213$, конкордантность 73,9%, AUC=0,739, пороговая вероятность 52%, чувствительность 84,9%, специфичность 51,8%.		

P-value: $<0,1$, * $<0,05$, ** $<0,01$, *** $<0,001$. Указаны статистически значимые предикторы, влияющие на вероятность наличия ПНСТ, их бета-коэффициенты (β), стандартная ошибка бета-коэффициентов, отношение шансов (OR) с 95% доверительными интервалами.

P-value: $\bullet<0,1$, * $<0,05$, ** $<0,01$, *** $<0,001$. Statistically significant predictors influencing the likelihood of having PNST, their beta coefficients (β), standard error of beta coefficients, ratio odds ratio (OR) with 95% confidence intervals.

Исходя из полученного регрессионного уравнения, вероятность наличия ПНСТ (индивидуальный профессиональный риск) определяется как:

$$p=1/(1+\exp(-7,663+0,052x+0,071y-0,768z+0,665k)),$$

где «x» – длительность трудового стажа (лет), «y» – уровень шума на рабочем месте (дБА), «z» – гипертрофия левого желудочка по данным ЭКГ («1» – отсутствует, «0» – присутствуют), «k» – уровень триглицеридов (ТГ) по данным биохимического исследования крови (ммоль/л), exp – экспонента.

При повышении вышеназванных количественных показателей вероятность наличия ПНСТ возрастает. Также значимо влияет на повышение вероятности ПНСТ наличие гипертрофии левого желудочка. Наиболее высокие значения чувствительности и специфичности модели получены при пороговой вероятности принятия решения в 52,0%. Модель обладает высокой чувствительностью (84,9%) при относительно низкой специфичности (51,8%).

Пример расчета. Пациент с трудовым стажем 34 года, уровнем шума на рабочем месте 109 дБ с наличием гипертрофии левого желудочка по данным ЭКГ и уровнем ТГ 1,47 ммоль/л. Согласно полученному регрессионному уравнению, вероятность наличия профессиональной нейросенсорной тугоухости у данного пациента определяется как $p = 1/(1+\exp(-7.663+0.052*34+0.071*109-0.768*0+0.665*1.47)) = 0.943$ или 94,3%. С учетом принятой пороговой вероятности принятия решения в 52,0% пациент квалифицируется, в соответствии с регрессионной моделью, как имеющий профессиональную нейросенсорную тугоухость.

Полученные данные продемонстрированы на рисунке 4.

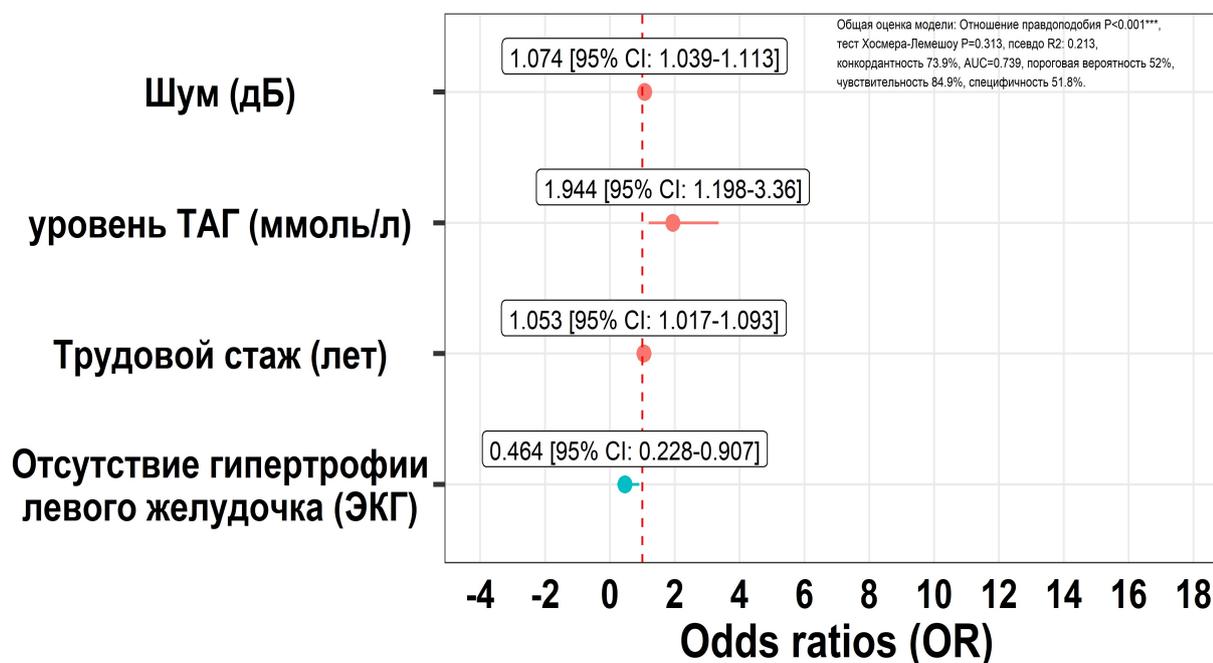


Рис. 4. Отношения шансов значимых предикторов логистической модели вероятности наличия ПНСТ

Fig. 4. Odds ratios of significant predictors of the logistic model of the probability of having OST

Указаны опытные значения отношений шансов с 95% доверительными интервалами.

Обсуждение. Индивидуальный профессиональный риск можно определить как вероятность нарушений здоровья и их тяжесть вследствие воздействия вредных производственных факторов. Оценка условий труда по гигиеническим критериям является априорной. Общую оценку риска раннего развития ПНСТ необходимо проводить с учетом комплекса критериев.

Проведенное исследование показало, что на всех обследованных воздействовал комплекс вредных производственных факторов. Наряду с производственным шумом рабочие подвергались воздействию вибрации, инфразвука, промышленного аэрозоля.

Между группами больных ПНСТ и группой сравнения обнаружены статистически значимые различия по уровню воздействующего шума. Так, в группе больных эквивалентный уровень производственного шума составил 92,5 дБА, а в группе сравнения 85,1 дБА ($P < 0.001$). Следовательно, в группе больных ПНСТ профессиональный риск был выше, чем в группе здоровых рабочих шумоопасных профессий. По уровню остальных сопутствующих производственных факторов статистически значимых различий между группами больных ПНСТ и группой сравнения получено не было.

По эквивалентному уровню производственного шума в группах больных с ранними и поздними сроками развития ПНСТ статистически значимых различий не выявлено. Но имелась тенденция к наличию статистически значимых различий по среднему уровню производственного шума в группе больных с ранними и поздними сроками развития заболевания. Так, в группе «устойчивых» средний эквивалентный уровень шума составил 95,5 дБА, а в группе «неустойчивых» - 91 дБА ($P = 0.051$).

При анализе уровня производственных факторов в различных профессиональных группах было обнаружено, что у работников водного транспорта и гражданской авиации наиболее высокие уровни производственного шума.

При помощи логистического регрессионного анализа было обнаружено, что на индивидуальный риск развития ПНСТ влияет длительность трудового стажа, уровень шума на рабочем месте, гипертрофия левого желудочка по данным ЭКГ, уровень триглицеридов крови. Наличие гипертрофии левого желудочка и нарушений липидного профиля может косвенно свидетельствовать о наличии у пациентов сосудистой патологии, которая также является фактором риска раннего развития ПНСТ.

Заключение. Таким образом, анализ условий труда обследованных лиц показал, что по уровню производственного шума профессиональный риск у больных ПНСТ был достоверно выше, чем в группе рабочих шумоопасных профессий без ПНСТ. Однако на сроки формирования заболевания профессиональный риск влияния не оказывал. Так как у заболевших в ранние сроки средний уровень производственного шума был ниже, по сравнению с лицами с поздними сроками развития ПНСТ.

При построении логистической модели вероятности развития ПНСТ было обнаружено, что на развитие заболевания влияет длительность трудового стажа, уровень

шума на рабочем месте, наличие гипертрофии левого желудочка по данным ЭКГ и уровень триглицеридов крови.

Предложенные критерии могут быть использованы для прогнозирования вероятности развития у работников шумоопасных профессий ПНСТ в дополнение к стандартным методам.

Список литературы:

1. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2021 году: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2022. 340 с.
2. Бухтияров И.В., Денисов Э.И., Курьеров Н.Н., Прокопенко Л.В., Булгакова М.В., Хахилева О.О. Совершенствование критериев потери слуха от шума и оценка профессионального риска. Медицина труда и промышленная экология. 2018;(4):1-9. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2018-4-1-9>.
3. Базарова Е.Л., Федорук А.А., Рослая Н.А., Ошеров И.С., Бабенко А.Г. Оценка профессионального риска, связанного с воздействием шума, у работников модернизируемых участков металлургического предприятия. Медицина труда и промышленная экология. 2019;(3): 142-148. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-3-142-148>.
4. Панкова В.Б., Вильк М.Ф., Федина И.Н., Бухтияров И.В., Дайхес Н.А., Таварткиладзе Г.А., Волохов Л.Л. Новые критерии профотбора и профпригодности по слуху для работы в условиях воздействия производственных вредностей. Вестник оториноларингологии. 2022;87(3):57-62. <https://doi.org/10.17116/otorino20228703157>.
5. Спирин В.Ф., Старшов А.М. К некоторым проблемам хронического воздействия производственного шума на организм работающих (обзор литературы). Анализ риска здоровью. 2021;1: 186–196. doi: 10.21668/health.risk/2021.1.19.
6. Бакиров А.Б., Шайхлисламова Э.Р., Волгарева А.Д., Каримова Л.К., Гимранова Г.Г. Результаты научно-исследовательских работ по оценке рисков здоровью работников при производственном воздействии физических факторов. Медицина труда и экология человека. 2021; №3 (27).
7. Фаизова Д.Д. Некоторые вопросы проведения специальной оценки условий труда в организации. Вестник магистратуры. 2021; №9-1 (120).
8. Мельцер А.В., Якубова И.Ш., Ерастова Н.В., Кропот А.И. Оценка профессионального априорного риска для здоровья на рабочем месте. Гигиена и санитария. 2022;101(10):1195-1199. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-10-1195-1199>.
9. Панкова В.Б., Федина И.Н., Серебряков П.В., Волохов Л.Л., Бомштейн Н.Г. Пошаговый алгоритм диагностики, экспертизы и оценки профпригодности при потере слуха от воздействия шума. Наука и инновации в медицине. 2020; Т. 5(1): 58-61. doi: 10.35693/2500-1388-2020-5-1-58-61.

10. Панкова В.Б. Значение количественной оценки потери слуха у лиц, работающих в условиях воздействия повышенной шумовой нагрузки. Вестник оториноларингологии. 2018;83(3):33-36. <https://doi.org/10.17116/otorino201883333>.
11. Phillips A, Cooney R, Harris Z, Myrtil D, Hodgson M. Noise and Occupational Medicine: Common Practice Problems. J Occup Environ Med. 2019 Dec;61(12):1019-1029. doi: 10.1097/JOM.0000000000001728. PMID: 31592942.
12. Дайхес Н.А., Аденинская Е.Е., Мачалов А.С. Аудиологическая характеристика потери слуха, вызванной шумом. Российская оториноларингология. 2018;5 (96): 109-114. <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2018-5-109-114>.
13. Вильк М.Ф., Панкова В.Б., Федина И.Н. Профессиональная тугоухость - социально значимая проблема. Здравоохранение Российской Федерации. 2019;63(5):258-263. <https://doi.org/10.18821/0044-197X-2019-63-5-258-263>.
14. Клинические рекомендации «Потеря слуха, вызванная шумом» (утв. Минздравом России), 2018.
15. Бухтияров И.В. Современное состояние и основные направления сохранения и укрепления здоровья работающего населения России. Медицина труда и промышленная экология. 2019;(9):527-532. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-9-527-532>
16. Раудина С.Н., Семенихин В.А., Филимонов С.Н. Гигиеническая оценка условий труда и заболеваемость органа слуха у работников угольной промышленности. Медицина в Кузбассе. 2020; 19(4):64-9. DOI: 10.24411/2687-0053-2020-10041
17. Гендлер С. Г., Прохорова Е. А. Оценка совокупного влияния производственного травматизма и профессиональных заболеваний на состояние охраны труда в угольной промышленности. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2022; № 10-2: 105-116. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_102_0_105.
18. Важенина А.А., Транковская Л.В., Анищенко Е.Б., Иванова И.Л. Комплексная гигиеническая оценка условий труда специалистов лабораторий санитарно-гигиенического профиля. Тихоокеанский медицинский журнал. 2019; №3:77.
19. Kang HJ, Jin Z, Oh TI, Kim SS, Park DY, Kim SH, Yeo SG. Audiologic Characteristics of Hearing and Tinnitus in Occupational Noise-Induced Hearing Loss. J Int Adv Otol. 2021 Jul;17(4):330-334. doi: 10.5152/iao.2021.9259. PMID: 34309554; PMCID: PMC8975410.
20. Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.

References:

1. On the state of sanitary and epidemiological welfare of the population in the Russian Federation in 2021: State Report. Moscow: Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Well-being, 2022 340 p.
2. Bukhtiyarov I.V., Denisov E.I., Kuryerov N.N., Prokopenko L.V., Bulgakova M.V., Khakhileva O.O. Improvement of criteria for hearing loss from noise and assessment of occupational risk.

- Medicina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2018;(4):1-9. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2018-4-1-9>.
3. Bazarova E.L., Fedoruk A.A., Roslaya N.A., Osheroov I.S., Babenko A.G. Assessment of occupational risk associated with noise exposure in employees of modernized sections of metallurgical enterprises. *Medicina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2019;(3): - pp. 142-148. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-3-142-148> .
 4. Pankova V.B., Vilk M.F., Fedina I.N., Bukhtiyarov I.V., Daikhes N.A., Tavartkiladze G.A., Volokhov L.L. New criteria of professional selection and professional suitability by hearing for work under the influence of industrial hazards. *Vestnik otorinolaringologii*. 2022;87(3):57-62. <https://doi.org/10.17116/otorino20228703157>
 5. Spirin V.F., Starshov A.M. To some problems of the chronic impact of industrial noise on the body of workers (literature review). *Analiz riska zdorov'yu*. 2021; 1:186-196. doi: 10.21668/health.risk/2021.1.19.
 6. Bakirov A.B., Shaikhislamova E.R., Volgareva A.D., Karimova L.K., Gimranova G.G. Results of research work on the assessment of health risks of workers under the industrial impact of physical factors. *Medicina truda i ekologiya cheloveka*.2021; 3 (27).
 7. Faizova D.D. Some issues of conducting a special assessment of working conditions in an organization. *Vestnik magistratury*. 2021; №9-1 (120).
 8. Meltzer A.V., Yakubova I.Sh., Erastova N.V., Kropot A.I. Assessment of occupational a priori health risk in the workplace. *Gigiena i sanitariya*. 2022;101(10):1195-1199. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-10-1195-1199>
 9. Pankova V.B., Fedina I.N., Serebryakov P.V., Volokhov L.L., Bomshtein N.G. Step-by-step algorithm of diagnosis, examination and assessment of professional suitability for hearing loss from noise exposure. *Nauka i innovacii v medicine*. 2020;Vol. 5(1): 58-61. doi: 10.35693/2500-1388-2020-5-1-58-61.
 10. Pankova V.B. The significance of the quantitative assessment of hearing loss in persons working under conditions of exposure to increased noise load. *Vestnik otorinolaringologii*. 2018; 83(3): 33-36. <https://doi.org/10.17116/otorino201883333> .
 11. Phillips A, Cooney R, Harris Z, Myrtill D, Hodgson M. Noise and Occupational Medicine: Common Practice Problems. *J Occup Environ Med*. 2019 Dec;61(12):1019-1029. doi: 10.1097/JOM.0000000000001728. PMID: 31592942.
 12. Daikhes N.A., Adeninskaya E.E., Machalov A.S. Audiological characteristics of hearing loss caused by noise. *Rossiyskaya otorinolaringologiya*.2018; 5 (96): 109-114. <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2018-5-109-114> .
 13. Vilk M.F., Pankova V.B., Fedina I.N. Professional hearing loss - socially a significant problem. *Zdravoohranenie Rossijskoj Federacii*. 2019;63(5):258-263. <https://doi.org/10.18821/0044-197X-2019-63-5-258-263> .
 14. Clinical recommendations "Hearing loss caused by noise" (approved by the Ministry of Health of Russia), 2018.
 15. Bukhtiyarov I.V. The current state and main directions of preserving and strengthening the health of the working population of Russia. *Medicina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2019;(9):527-532. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-9-527-532>

16. Raudina S.N., Semenikhin V.A., Filimonov S.N. Hygienic assessment of working conditions and hearing organ morbidity in coal industry workers. *Medicina v Kuzbase*. 2020; 19(4):64-9. DOI: 10.24411/2687-0053-2020-10041
17. Gendler S. G., Prokhorova E. A. Assessment of the cumulative impact of occupational injuries and occupational diseases on the state of occupational safety in the coal industry. *Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten'*. 2022; 10-2: 105-116. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_102_0_105.
18. Vazhenina A.A., Trankovskaya L.V., Anishchenko E.B., Ivanova I.L. Complex hygienic assessment of working conditions of specialists of the laboratory of sanitary and hygienic profile. *Tihookeanskij medicinskij zhurnal*. 2019; 3:77.
19. Kang HJ, Jin Z, Oh TI, Kim SS, Park DY, Kim SH, Yeo SG. Audiologic Characteristics of Hearing and Tinnitus in Occupational Noise-Induced Hearing Loss. *J Int Adv Otol*. 2021 Jul;17(4):330-334. doi: 10.5152/iao.2021.9259. PMID: 34309554; PMCID: PMC8975410.
20. P 2.2.2006-05. Guidelines for the hygienic assessment of the factors of the working environment and the labor process. Criteria and classification of working conditions.

Поступила/Received: 16.03.2023

Принята в печать/Accepted: 11.08.2023

УДК. 616.31-07

**СТОМАТОЛОГИЧЕСКИЙ СТАТУС МЕДИЦИНСКИХ РАБОТНИКОВ,
ЗАНЯТЫХ ВО ВРЕДНЫХ УСЛОВИЯХ ТРУДА**

Леонтьева Е.Ю., Быковская Т.Ю.

ФГБОУ ВО «Ростовский государственный медицинский университет» Минздрава России,
Ростов-на-Дону, Россия

Влиянием условий труда определяется высокий уровень заболеваемости медицинских работников, превышающий показатели ведущих отраслей промышленности. Данные по оценке стоматологического статуса медицинских работников и исследованию влияния факторов их профессиональной деятельности на стоматологическую заболеваемость носят скудный характер.

Цель исследования. *Изучение стоматологического статуса медицинских работников, занятых во вредных условиях труда.*

Материалы и методы. *Анализ показателей стоматологического статуса проводился по данным амбулаторных карт: 688 работников немедицинской сферы деятельности, 644 медицинских работника, имеющих по специальной оценке условий труда 3 класс (вредные условия труда), и 135 медиков, занятых в допустимых условиях труда (2 класс).*

Результаты. *Среди медицинских работников, занятых во вредных условиях труда, чаще регистрируется кариес зубов, в 1,6 раза чаще его осложнения и в 1,4 раза активнее процессы деминерализации эмали зубов. Заболевания твердых тканей зубов некариозной природы развиваются чаще в 2 раза. Заболевания пародонта отмечаются чаще в 1,2 раза и носят более агрессивный характер. Патология слизистой оболочки полости рта регистрируется чаще в 9 раз.*

Выводы. *Результаты анализа показателей стоматологического статуса медицинских работников в аспекте условий труда указывают на большую стоматологическую заболеваемость работников медицинской сферы деятельности, занятых по СОУТ во вредных условиях.*

Ключевые слова: *стоматологический статус, медицинские работники, вредные условия труда.*

Для цитирования: *Леонтьева Е.Ю., Быковская Т.Ю. Стоматологический статус медицинских работников, занятых во вредных условиях труда. Медицина труда и экология человека. 2023;4:39-49.*

Для корреспонденции: *Елена Юрьевна Леонтьева, доцент, к.м.н., Ростовский государственный медицинский университет, доцент кафедры стоматологии №5, e-mail: leont06@list.ru.*

Финансирование: *исследование не имело спонсорской поддержки.*

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

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10403>

DENTAL STATUS OF HEALTHCARE WORKERS WORKING IN HAZARDOUS CONDITIONS

Leonteva E. Yu., Bykovskaya T. Yu.

Rostov State Medical University of the Russian Health Ministry, Rostov-on-Don, Russia

The influence of working conditions determines the high level of morbidity of medical workers exceeding the indicators of the leading industries. Data on the assessment of the dental status of healthcare workers and the study of the influence of their occupational activity on dental morbidity are scarce.

The aim. Study of the dental status of healthcare workers employed in harmful working conditions.

Materials and methods: The analysis of dental status indicators was carried out according to outpatient records: 688 non-healthcare workers, 644 healthcare workers with a special assessment of working conditions, Class 3 (harmful working conditions) and 135 doctors employed in acceptable working conditions (Class 2).

Results. Among healthcare workers employed in hazardous working conditions, dental caries is more often recorded, its complications are 1.6 times more frequent, and the processes of tooth enamel demineralization are 1.4 times more active. Diseases of dental hard tissues of non-carious nature develop 2 times more often. Periodontal diseases are observed more often by 1.2 times and are more aggressive. Pathology of the oral mucosa is recorded 9 times more often.

Conclusions. The results of the analysis of the indicators of the dental status of healthcare workers in terms of working conditions indicate a high dental morbidity of workers in the medical field of activity employed in harmful working conditions

Keywords: dental status, healthcare workers, harmful working conditions.

For citation: Leontyeva E.Yu., Bykovskaya T.Yu. Dental status of healthcare workers working in hazardous working conditions. *Occupational health and human ecology.* 2023;4:39-49.

For correspondence: Elena Yu. Leonteva, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor Department of Dentistry №5, Rostov State Medical University, Rostov-on-Don, Russia, E-mail: leont06@list.ru.

Financing. The study had no financial support.

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

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10403>

Введение. Многочисленными исследованиями подтверждено, что уровень здоровья работающих людей в значительной степени определяется условиями производственной среды по сравнению с другими слоями населения [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7].

В процессе трудовой деятельности факторы труда химической, физической, биологической природы, нередко превышающие допустимые нормы, и факторы трудового процесса, такие как напряженность и производственный стресс, оказывают серьезное влияние на общее состояние здоровья работающих [8, 9]. Основными факторами, непосредственно влияющими на состояние здоровья работающих, являются вредные и опасные условия труда профессиональной деятельности. В отдельных отраслях промышленности более 50% работников заняты на работах во вредных и (или) опасных

условиях труда. По данным Росстата, в 2021 г. количество рабочих мест с вредными условиями труда составило около 2,5 млн [10].

Профессиональная деятельность медицинских работников сопряжена с влиянием различных производственных факторов и факторов трудового процесса [11, 12, 13]. Влиянием условий труда на состояние здоровья медиков определяется высокий уровень их заболеваемости, превышающий показатели отдельных отраслей промышленности [12, 13, 14, 15, 16]. Определенные сложности в изучении вопросов состояния здоровья медицинских работников создают особенности условий труда узких специальностей и сочетание вредных производственных факторов медицинской деятельности. Характеристика многообразия производственных факторов и условий труда, действующих на медицинских работников, отражается в специальной оценке условий труда (СОУТ), выраженной в виде классов. Эта оценка скрывает конкретные производственные факторы на рабочем месте, но характеризует условную степень вредности труда и риски развития профессиональных и профессионально-обусловленных заболеваний у работающих.

Данные по оценке стоматологического статуса медицинских работников и исследованию влияния факторов их профессиональной деятельности на стоматологическую заболеваемость носят ограниченный характер. В доступной литературе имеются работы, указывающие на высокую стоматологическую заболеваемость работников медицинской сферы деятельности [17, 18, 19, 20]. Отсутствуют публикации, посвященные вопросам изучения стоматологического здоровья медицинских работников с учетом условий труда их профессиональной деятельности.

Цель исследования. Исходя из сказанного целью исследования стало изучение стоматологического статуса медицинских работников, занятых во вредных условиях труда.

Материалы и методы. Исследование проведено на базе стоматологического отделения клиники Ростовского государственного медицинского университета (РостГМУ). Изучение показателей стоматологического статуса проводили по данным амбулаторных карт и в ходе санации полости рта сотрудников. В исследование были включены данные 1467 сотрудников РостГМУ, из которых 779 человек (основная группа, n_1) были медицинскими работниками клиники (основная группа) и 688 человек (группа сравнения, n_2) составили сотрудники бухгалтерии, административной и хозяйственной части университета, преподаватели и лаборанты неклинических кафедр.

Стоматологический статус изучали по показателю частоты встречаемости нозологий: кариозного и некариозного поражения твердых тканей зубов, патологии периодонта (осложнения кариеса зубов), пародонта (гингивит и пародонтит) и заболеваний слизистой оболочки полости рта (СОПР).

Среди медицинских работников по итоговым показателям СОУТ 135 человек (17,3%) имели допустимые условия труда и 644 медика (82,7%) работали во вредных условиях труда, соответствующие 3 классу, с подклассовым распределением: подкласс 3.1 - 9,2% (72 человека), подкласс 3.2 - 14,5% (113 человек), подкласс 3.3 - 55,8% (435 человек), подкласс 3.4 - 3,1% (24 человека). Превышение гигиенических норм, по данным СОУТ медицинских

работников, в стационарах клиники выявлены по химическому и биологическому фактору, параметрам световой среды, а также тяжести и напряженности трудового процесса.

По данным СОУТ, среди медицинских работников превышение параметров гигиенических норм химического фактора отмечено у 10,3% (80 работников) и соответствует подклассам 3.1 и 3.2. Превышение гигиенических норм по параметрам биологического фактора оценено у 82,7% сотрудников клиники (644 работника) с соответствием подклассам 3.1 и 3.2. Параметры световой среды обследуемых медицинских работников, по данным СОУТ, превышают гигиенические нормы у 38,6% (301 человек) и отнесены к подклассу 3.1. Превышение гигиенических параметров тяжести трудового процесса отмечается у 44,2% (344 медицинских работника) с соотношением к 3.1 и 3.2 классу. По данным карт СОУТ, труд исследуемых медицинских работников по напряженности трудового процесса (сенсорные нагрузки и монотонность нагрузок) превышает гигиенические нормы у 52,9% (412 человек) и отнесен к 3.1 и 3.2 классам. Оценка параметров шума, электрического и магнитного полей у всех исследуемых, работающих в клинике РостГМУ, по данным СОУТ, соответствовала гигиеническим нормативам и отнесена к 2 классу условий труда.

На основании карт специальной оценки условий труда (СОУТ) преподавателей, лаборантов неклинических кафедр РостГМУ и административных сотрудников университета условия труда отнесены к оптимальным и допустимым условиям, что соответствует классам 1 и 2 по СОУТ.

Процедура сбора данных, формирование и обработка базы данных осуществлялась на персональном компьютере при помощи программы Microsoft Excel 2016 (MS Office, Microsoft, США), обработка данных проводилась при помощи программного пакета IBM SPSS Statistics 26.0 (США). Анализ проводили с применением параметрического критерия Фишера и/или критерия χ^2 -Пирсона. Различия между группами считались статистически значимыми при $p \leq 0,05$. В работе проводился расчет отношения шансов ОШ (отношения шансов наступления исхода при наличии фактора к шансам наступления исхода при отсутствии фактора). Результаты расчета ОШ описывались по следующим правилам: если $ОШ > 1$ – фактор увеличивает шансы развития исхода в ОШ раз (прямая связь), если $ОШ < 1$ – фактор уменьшает шансы развития исхода в $1 / ОШ$ раз (обратная связь). 95% ДИ: $A - BA > 1$, $B > 1$ – фактор статистически значимо увеличивает шансы исхода ($p < 0,05$), $A < 1$, $B < 1$ – фактор статистически значимо уменьшает шансы исхода ($p < 0,05$), и $A < 1$, $B > 1$ – влияние фактора статистически не значимо ($p > 0,05$).

Результаты. Анализ показателей частоты встречаемости стоматологических нозологий представлен в таблице 1.

Таблица 1

Анализ показателей частоты встречаемости стоматологических нозологий

Table 1

Analysis of indicators of dental nosologies frequency

Показатели	Группы исследования, абс. (чел.) / %			P
	Первая подгруппа основной группы (n _{1.1} =135)	Вторая подгруппа основной группы (n _{1.2} =644)	Группа сравнения (n ₂ =688)	
Частота встречаемости кариеса зубов (K02.1; K02.2; K02.8; K02.9)	132 / 97,8	641 / 99,5	663 / 96,4	p _{2-1.1} = 0,4 p _{2-1.2} = 0,001*
Частота встречаемости деминерализации эмали зубов (K02.0)	117 / 86,7	640 / 99,4	479 / 69,6	p _{2-1.1} = 0,001* p _{2-1.2} = 0,001*
Частота случаев удаленных зубов (K08.1)	127 / 94,1	595 / 92,4	626 / 91	p _{2-1.1} = 0,4 p _{2-1.2} = 0,35
Частота встречаемости заболеваний пульпы и периапикальных тканей (K04.0)	42 / 31,1	456 / 70,8	306 / 44,5	p _{2-1.1} = 0,004* p _{2-1.2} = 0,001*
Частота встречаемости гиперестезии зубов (K03.8)	24 / 17,8	378 / 58,7	206 / 29,9	p _{2-1.1} = 0,004* p _{2-1.2} = 0,001*
Частота встречаемости клиновидного дефекта зубов (K03.1)	17 / 12,6	334 / 51,9	210 / 30,5	p _{2-1.1} = 0,001* p _{2-1.2} = 0,001*
Частота встречаемости повышенного стирания зубов (K03.0)	25 / 18,5	265 / 41,1	158 / 23,0	p _{2-1.1} = 0,25 p _{2-1.2} = 0,001*
Частота встречаемости гингивита (K05.0; K05.1)	124 / 91,9	640 / 99,4	510 / 74,1	p _{2-1.1} = 0,001* p _{2-1.2} = 0,001*
Частота встречаемости пародонтита (K05.2; K05.3; K05.4)	54 / 40,0	545 / 84,6	504 / 73,3	p _{2-1.1} = 0,001* p _{2-1.2} = 0,001*
Частота встречаемости патологии слизистой оболочки полости рта (K12.0; K013; K014)	7 / 5,2	181 / 28,1	22 / 3,2	p _{2-1.1} = 0,2 p _{2-1.2} = 0,001*

Примечание: * различия статистически значимы при p ≤ 0,05 согласно критерию χ²-ПирсонаNote: *differences are statistically significant at p ≤ 0.05 according to the χ²-Pearson test

Анализ показателей частоты встречаемости стоматологической патологии в аспекте условий труда разных сфер профессиональной деятельности выявил большую распространенность всех изучаемых патологий среди медицинских работников, имеющих вредные условия труда, по сравнению с работниками немедицинской сферы деятельности.

Среди данных медицинских работников выявлена большая частота встречаемости кариозной патологии зубов. Отмечается статистически значимая разница, указывающая на значительную распространенность кариеса (K02.1, K02.2, K02.8, K02.9) и деминерализации эмали зубов (K02.0), соответственно 99,5% и 96,4% против 99,4% и 69,6% у медицинских работников в сопоставлении с группой сравнения ($p=0,001$).

Выявлена большая частота осложнений кариозной патологии (K04.0). Статистически значимая разница указывает на частое развитие заболеваний пульпы и периапикальных тканей корней зубов (70,8% против 44,5% в группе сравнения, при $p=0,001$).

Среди данных работников выявлено преобладание некариозной патологии зубов. Отмечается статистически значимая разница с превышением значений по показателям: распространенность гиперестезии зубов (K03.8) выше на 29,9% (58,7% против 29,9% в группе сравнения, $p=0,001$), на 21,4% выше распространенность (K03.1) клиновидного дефекта зубов (51,9% против 30,5% в группе сравнения, $p=0,001$) и на 18,1% выше распространенность (K03.0) патологической стираемости зубов (41,1% против 23,0% в группе сравнения, $p=0,001$).

Среди медицинских работников, имеющих по СОУТ вредные условия труда, отмечается значительно большая частота регистрации патологий тканей пародонта и слизистой оболочки полости рта. Выявлена статистически значимая разница с преобладанием значений по показателям: частота встречаемости гингивита (K05.0, K05.1) выше на 25,3% (99,4% против 74,1% в группе сравнения, $p=0,001$), частота встречаемости патологии пародонта (K05.2, K05.3 и K05.4) выше на 11,3% (84,6% против 73,3% в группе сравнения, $p=0,001$) и патологии слизистой оболочки полости рта (K012.0, K013.0, K014) выше на 24,9% (28,1% против 13,2% в группе сравнения, $p=0,001$).

Анализ показателей частоты встречаемости удаленных зубов (K08.1) в аспекте условий труда разных сфер профессиональной деятельности выявил сравнимую частоту удалений и потери зубов между немедицинскими и медицинскими работниками.

Анализ показателей частоты встречаемости стоматологической патологии между немедицинскими работниками и медицинскими работниками с допустимыми условиями труда по СОУТ выявил преобладание среди последних только признаков гингивита (K05.0 и K05.1) и деминерализации эмали (K02.0). Статистически значимая разница выявлена по показателям: гингивит регистрируется чаще на 17,8% (91,9% против 74,1% в группе сравнения, $p=0,001$), деминерализация эмали активнее на 17,1% (86,7% против 69,6% в группе сравнения, при $p=0,001$). По остальным изучаемым показателям среди медицинских работников, не подверженных воздействию вредных условия труда, отмечается более низкая регистрация патологий по сравнению с показателя немедицинских работников. Статистически значимая разница, указывающая на меньшую частоту развития, выявлена по показателям: болезни пульпы и периапикальных тканей (K04.0) (31,1% против 44,5% в группе сравнения, при $p=0,004$), гиперестезия твердых тканей зубов (K03.8) (17,8% против 29,9% в

группе сравнения, $p=0,004$), клиновидный дефект зубов (K03.1) (12,6% против 30,5% в группе сравнения, $p=0,001$) и патология пародонта (K05.2, K05.3, K05.4) (40,0% против 73,3% в группе сравнения, $p=0,001$). Частота регистрации кариеса зубов, патологической стираемости твердых тканей зубов и заболеваний слизистой оболочки полости рта носит сравнимый характер среди немедицинских работников и медиков, работающих в допустимых условиях труда.

Дополнительно в подгруппе медицинских работников, занятых во вредных условиях труда, проведена оценка шансов развития стоматологических заболеваний. Оценка шансов развития стоматологической патологии у медицинских работников по сравнению с группой немедицинских работников выявила статистически значимые различия вероятности развития следующих заболеваний: кариеса эмали зубов - выше в 69,81 раза (ОШ = 0,014; 95% ДИ: 0,005 – 0,039), гингивита - выше в 55,83 раза (ОШ = 0,018; 95% ДИ: 0,007 – 0,049), заболеваний слизистой оболочки полости рта - выше в 11,834 раза (ОШ = 0,084; 95% ДИ: 0,053 – 0,134), кариеса тканей зубов - выше в 8,057 раза (ОШ = 0,124; 95% ДИ: 0,037 – 0,413), осложнений кариеса зубов и гиперестезии - выше в 3,0 раза (ОШ = 0,330; 95% ДИ: 0,263 – 0,414 и ОШ = 0,301; 95% ДИ: 0,240 – 0,377), развития патологии пародонта - выше в 2,0 раза (ОШ = 0,0498; 95% ДИ: 0,379 – 0,654 и ОШ = 0,437; 95% ДИ: 0,349 – 0,548), клиновидного дефекта и патологической стираемости зубов - выше в 2,4 раза (ОШ = 0,408; 95% ДИ: 0,326 – 0,510 и ОШ = 0,426; 95% ДИ: 0,336 – 0,540).

Обсуждение. Результаты анализа показателей стоматологического статуса медицинских работников в зависимости от условий труда профессиональной деятельности указывают на большую распространенность и выраженную активность стоматологических заболеваний среди медицинских работников, имеющих по итоговой оценке СОУТ вредные условия труда.

Среди данных работников изучаемые показатели стоматологического статуса отражают наличие патологических изменений и большую частоту регистрации заболеваний ротовой полости, чем среди немедицинских работников. Отмечается высокая распространенность кариеса зубов по показателям распространенности кариеса зубов и его осложнений (выше на 3,1 и 26,3%, чем в группе сравнения). Среди медицинских работников, занятых во вредных условиях труда, в 1,4 раза активнее процессы деминерализации эмали и в 2 раза чаще отмечаются некариозные разрушения твердых тканей зубов. На фоне воздействия вредных факторов медицинской деятельности отмечается склонность к воспалительным процессам пародонта и слизистой оболочки полости рта: в 9 раз чаще развиваются заболевания слизистой оболочки полости рта и в 1,2 раза чаще патологии пародонта.

Обращает внимание высокий риск развития стоматологических заболеваний среди медицинских работников, имеющих вредные условия труда. В ходе оценки шансов развития заболеваний выявлено, что в 2-3 раза выше риск развития пародонтита, некариозных заболеваний зубов и осложнений кариеса зубов, в 8-11 раз выше риск развития кариеса зубов и заболеваний слизистой оболочки полости рта, в десятки раз выше риск развития начального кариеса зубов и гингивита.

Выявленные изменения стоматологического статуса медицинских работников, особенно занятых во вредных условиях труда, могут быть обусловлены влиянием факторов их профессиональной деятельности, что инициирует дальнейшее изучение вопросов стоматологического здоровья медицинских работников с учетом их условий труда и стажа.

Выводы. Результаты анализа показателей стоматологического статуса медицинских работников в аспекте условий труда указывают на высокие уровни стоматологической заболеваемости работников медицинской сферы деятельности, занятых во вредных условиях. Отмечена значительная частота развития стоматологической патологии среди медицинских работников, которые находятся под воздействием вредных производственных факторов, превышающих допустимые гигиенические нормы.

Проведенное исследование указывает на необходимость разработки стоматологических программ диспансерного наблюдения и проведения профилактических мероприятий среди медицинских работников с учетом производственных факторов риска и особенностей развития стоматологической патологии.

Список литературы:

1. Апраксина Е. Ю., Пушилин П.И. Стоматологическая заболеваемость работников предприятий, связанных с вибрацией. Медицина и образование в Сибири. 2015;1: 26–29.
2. Балега М. И., Деньга Э.М. Клинико-лабораторная оценка эффективности профилактики и лечения основных стоматологических заболеваний у женщин сельскохозяйственного региона Закарпатья. Вестник проблем биологии и медицины. 2014;1: 27–33.
3. Галикеева А. Ш., Симонова Н. И., Шарафутдинова Н. Х. Условия труда как фактор риска развития стоматологических заболеваний в трудоспособном возрасте (научный обзор). Профилактическая и клиническая медицина. 2018; 3 (68): 27–33.
4. Герасимова А. А., Минякина Г. Ф., Кабирова М. Ф. Результаты сравнительной оценки показателей качества жизни рабочих птицеводческого производства и производства терефталево́й кислоты, проведенной при помощи опросника OHIP-49-RU. Успехи современной науки и образования. 2017; 4 (9): 75–79.
5. Груздева А. А. Клиническое обследование тканей пародонта у рабочих железорудного производства. Современная стоматология. 2015;3(77): 38–40.
6. Гуляева О. А., Трофимчук А. А. Оценка факторов профессионального риска формирования заболеваний слизистой оболочки полости рта у рабочих вредных производств. Российская стоматология. 2018;2: 49–50.
7. Елови́кова Т. М., Молвинских В. С., Липатов Г. Я. Влияние производственно-обусловленных факторов на структуру заболеваний полости рта у рабочих медеплавильного предприятия. Проблемы стоматологии. 2013;3: 22–27.
8. Бухтияров И. В. Юшкова О. И., Фесенко М. А. Оценка риска утомления у работников нервно-эмоционального труда. Анализ риска здоровью. 2018;1: 66–77.
9. Воронкова С. В. Особенности и проблемные вопросы осуществления отдельных видов государственного контроля и надзора в сфере охраны здоровья трудящихся. Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2017; 5: 85–92.

10. Здравоохранение в России. 2021: Стат. сб./Росстат. М., 2021. 171 с. [Электронный ресурс] / Бюллетень Федеральной службы государственной статистики // <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Zdravoohran-2021.pdf> (дата обращения 23.10.2023).
11. Жукова С. А. Анализ условий и охраны труда работников сферы здравоохранения. Социально-трудовые исследования. 2020;4 (41): 145–154.
12. Сетко А.Г., Вельцина Н.Е., Кумбаисов А.М., Тюрин А.В., Плотникова Е.Г. Региональные особенности профессиональных заболеваний. Охрана труда и техника безопасности в учреждениях здравоохранения. 2019; 10: 32.
13. Гатиятуллина Л. Л. Состояние здоровья медицинских работников. Вестник современной клинической медицины. 2016; 3: 69–75.
14. Смагулов Н.К., Хантурина Г.Р., Кожевникова Н.Г. Актуальность проблемы профессионального здоровья медицинских работников. Международный журнал экспериментального образования. 2013;11(1):52-53.; URL:<https://expeducation.ru/ru/article/view?id=4415> (дата обращения: 19.07.2023). (In Russ.)
15. Ларина В.Н., Глибко К.В., Купор Н.М. Состояние здоровья и заболеваемость медицинских работников. Лечебное дело. 2018; 4: 18-25.
16. Сергеев А.К., Белякова Н.С., Кучеренко К.Н. Социально-гигиенические аспекты оценки условий труда и состояния здоровья медицинских работников в Самарской области. Медицина труда и промышленная экология. 2020;60(11):863-866.
17. Шешунов И. В., Громова С. Н., Артеменко И. М. Эпидемиологические показатели частичного и полного отсутствия зубов по данным периодических медицинских осмотров сотрудников Кировской государственной медицинской академии (исследование во всех возрастных группах). Cathedra. 2014; 49: 58–61.
18. Хамидова Т. М., Исмоилов А. А., Абдулхамидова Н. Проблемы, благоприятствующие состоянию полости рта у медицинского персонала стоматологических учреждений. Стоматология Таджикистана. Душанбе. 2015; 1: 56–58.
19. Дехнич С.Н., Молоканов Н.Я., Захарова З.С. Влияние стоматологического здоровья на качество жизни медицинских работников Калининградской области. Современные исследования социальных проблем. 2012; 7(15): 27.; URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-stomatologicheskogo-zdorovya-na-kachestvo-zhizni-meditsinskih-rabotnikov-kaliningradskoy-oblasti> (дата обращения: 07.08.2023).
20. Борисова З. С., Молоканов Н. Я., Дехнич С. Н. Стоматологический статус медицинских работников Калининградской области. Российский стоматологический журнал. 2014; 2: 27–29.

References:

1. Apraksina E. Yu., Pushilin P.I. Dental morbidity of workers of enterprises associated with vibration. *Medicina i obrazovanie v Sibiri*.2015;1: 26–29. (In Russ.)

2. Balega M. I., Denga E.M. Clinical and laboratory evaluation of the effectiveness of prevention and treatment of major dental diseases in women of the agricultural region of Transcarpathia. *Vestnik problem biologii i mediciny*. 2014;1: 27–33. (In Russ.)
3. Galikeeva A. Sh., Simonova, N. I., Sharafutdinova N. H. Working conditions as a risk factor for the development of dental diseases in working age (scientific review). *Profilakticheskaya i klinicheskaya medicina*. 2018; 3 (68): 27–33. (In Russ.)
4. Gerasimova A. A., Minyakina G. F., Kabirova M. F. Results of a comparative assessment of the quality of life of poultry production workers and terephthalic acid production, conducted using the questionnaire OHIP–49–RU. *Uspekhi sovremennoj nauki i obrazovaniya*. 2017; 4 (9): 75–79. (In Russ.)
5. Gruzdeva A. A. Clinical examination of periodontal tissues in iron ore production workers. *Sovremennaya stomatologiya*. 2015;3(77): 38–40. (In Russ.)
6. Gulyaeva O. A., Trofimchuk A. A. Assessment of occupational risk factors for the formation of diseases of the oral mucosa in workers of harmful industries. *Rossijskaya stomatologiya*. 2018;2: 49–50. (In Russ.)
7. Elovikova T. M., Molvinskikh V. S., Lipatov G. Ya. The influence of production-related factors on the structure of diseases of the oral cavity in workers of a copper smelting enterprise. *Problemy stomatologii*. 2013;3: 22–27. (In Russ.)
8. Bukhtiyarov I.V., Yushkova O.I., Fesenko M.A. Fatigue risk assessment for workers with neuro-emotional labor. *Analiz riska zdorov'yu*. 2018;1: 66–77. (In Russ.)
9. Voronkova S.V. Peculiarities and problematic issues of implementing certain types of state oversight and control in the area of workers' health protection. *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo*. 2017; 5: 85–92. (In Russ.)
10. Healthcare in Russia. 2021: Statistical collection/Rosstat. - M., - 2021. – 171 p. [Electronic resource] / Bulletin of the Federal State Statistics Service // <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Zdravoohran-2021.pdf> (access date 10/23/2023).
11. Zhukova S. A. Analysis of working conditions and labor protection of healthcare workers. *Social'no-trudovye issledovaniya*. 2020;4 (41): 145–154. (In Russ.)
12. Setko A.G., Veltsina N.E., Kumbaisov A.M., Tyurin A.V., Plotnikova E.G. Regional features of occupational diseases. *Ohrana truda i tekhnika bezopasnosti v uchrezhdeniyah zdavoohraneniya*. 2019; 10:32. (In Russ.)
13. Gatiyatullina L. L. The state of health of medical workers. *Vestnik sovremennoj klinicheskoy mediciny*. 2016; 3: 69–75. (In Russ.)
14. Smagulov N.K., Khanturina G.R., Kozhevnikova N.G. Relevance of the problem of professional health of medical workers. *Mezhdunarodnyj zhurnal eksperimental'nogo obrazovaniya*. 2013;11(1):52-53.;URL:<https://expeducation.ru/ru/article/view?id=4415> (accessed: 07/19/2023). (In Russ.)
15. Larina V.N., Glibko K.V., Kupor N.M. The state of health and morbidity of medical workers. *Lechebnoe delo*. 2018; 4:18-25. (In Russ.)

16. Sergeev A.K., Belyakova N.S., Kucherenko K.N. Socio-hygienic aspects of assessing the working conditions and health status of medical workers in the Samara region. *Medicina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2020;60(11):863-866. (In Russ.)
17. Sheshunov I. V., Gromova S. N., Artemenko I. M. Epidemiological rates of partial and total adenopathy basing on the results of regular physical examinations of the staff of Kirov State Medical Academy (all age groups examination). *Cathedra*. 2014; 49: 58–61. (In Russ.)
18. Khamidova T. M., Ismoilov A. A., Abdulkhamidova N. Problems favoring the state of the oral cavity in medical personnel of dental institutions. *Stomatologiya Tadzhikistana*. Dushanbe. 2015; 1: 56–58. (In Russ.)
19. Dekhnich S.N., Molokanov N.Y., Zakharova Z.S., Kamanin Y.I., Okhapkin A.S. Stomatological health influence on the life quality of the medical staff of the Kaliningrad region. *Sovremennye issledovaniya social'nyh problem*. 2012; 7(15):27.;URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-stomatologicheskogo-zdorovya-na-kachestvo-zhizni-meditsinskih-rabotnikov-kaliningradskoy-oblasti> (date of access: 07.08.2023). (In Russ.)
20. Borisova Z.S., Molokanov N. Ya, Dekhnich S. N. Dental status of medical workers of the Kaliningrad region. *Rossiiskij stomatologicheskij zhurnal*. 2014; 2: 27–29. (In Russ.)

Поступила/Received: 14.08.2023

Принята в печать/Accepted: 25.10.2023

УДК 616.8-008.615

**КОГНИТИВНЫЕ НАРУШЕНИЯ В СТРУКТУРЕ ПОСТКОВИДНОГО СИНДРОМА
У ПАЦИЕНТОВ С ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПАТОЛОГИЕЙ**

Радоуцкая Е.Ю., Лозовик Л.Ю., Шмыгун М.В., Онищук Я.И., Новикова И.И.

ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора
Новосибирск, Россия

Учитывая, что в структуру постковидного синдрома, по данным отечественных и зарубежных исследований, большой вклад вносят когнитивные нарушения (КН), с целью изучения особенностей проявления когнитивных нарушений у пациентов с профессиональными заболеваниями после перенесенной новой коронавирусной инфекции (НКИ) и их эффективной коррекции было проведено настоящее исследование.

Цель исследования – оценить эффективность когнитивного тренинга у пациентов с когнитивными нарушениями, перенесших COVID-19.

Материалы и методы. Исследование проведено на пациентах с профессиональными заболеваниями, проходившими стационарное лечение в 2020-2022 гг. на базе клинического подразделения ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора. Все пациенты во время исследования получали патогенетическую и симптоматическую терапию имеющейся профессиональной патологии (метаболические, вазоактивные средства, НПВС, ингаляции бронхолитиков, физиолечение, массаж). Пациенты были разделены на две группы - основная и контрольная. В отношении основной группы дополнительно к терапии проводился когнитивный тренинг по 10-15 минут в сутки. Группа контроля в тренинге не участвовала.

Результаты исследования. По итогам наблюдения отмечалось достоверное улучшение кратковременной памяти и концентрации внимания в течение 10 дней в основной группе, существенно превосходившее результаты в контрольной группе.

Заключение. В экспериментальных условиях была подтверждена эффективность когнитивного тренинга в отношении пациентов с постковидным синдромом, что позволяет рекомендовать его для пациентов в комплексной реабилитации.

Ключевые слова: профессиональная патология, постковидный синдром, когнитивные нарушения, кратковременная память, концентрация внимания, когнитивный тренинг.

Для цитирования: Радоуцкая Е.Ю., Лозовик Л.Ю., Шмыгун М.В., Онищук Я.И., Новикова И.И. Когнитивные нарушения в структуре постковидного синдрома у пациентов с профессиональной патологией. Медицина труда и экология человека. 2023;4:50-62.

Для корреспонденции: Радоуцкая Елена Юрьевна, к.м.н., врач-невролог, профпатолог ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора. E-mail: elena_doctor@mail.ru.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10404>

COGNITIVE IMPAIRMENT IN THE STRUCTURE OF POST-COVID SYNDROME AMONG PATIENTS WITH OCCUPATIONAL PATHOLOGY

E.Y. Radoustskaya, L.Y. Lozovik, M.V. Shmygun, Y.I. Onischuk, I.I. Novikova

Novosibirsk Research Institute of Hygiene of Rospotrebnadzor

Considering that in the structure of post-COVID syndrome according to the data of domestic and foreign studies cognitive impairment (CI) makes a great contribution, the present study was conducted in order to study the features of manifestation of cognitive disorders among patients with occupational diseases after a new coronavirus infection and their effective correction.

The aim of the study - evaluation of the effectiveness of cognitive training among patients with cognitive impairment who have had COVID-19.

Materials and methods. *The study was conducted on patients with occupational diseases who underwent inpatient treatment in the period of 2020-2022. on the basis of the clinical division of the Federal Budgetary Institution "Novosibirsk Research Institute of Hygiene" of Rospotrebnadzor. All patients during the study received pathogenetic and symptomatic therapy for existing occupational pathology (metabolic, vasoactive medications, NSAIDs, inhaled bronchodilators, physiotherapy, massage). Patients were divided into two groups - main and control. In relation to the main group, in addition to therapy, cognitive training was carried out for 10-15 minutes a day. The control group did not participate in the training.*

Results of the study. *According to the results of the observation, there was a significant improvement in short-term memory and concentration of attention within 10 days in the "main group", which significantly exceeded the results in the "control group".*

Conclusion. *Under experimental conditions, the effectiveness of cognitive training in relation to patients with post-COVID syndrome was confirmed, which makes it possible to recommend it for patients in complex rehabilitation.*

Keywords: *occupational pathology, post-COVID syndrome, cognitive impairment, short-term memory, attention concentration, cognitive training.*

For citation: *Radoustskaya E.Y., Lozovik L.Y, Shmygun M.V., Onischuk Y.I., Novikova I.I. Cognitive impairment in the structure of post-covid syndrome among patients with occupational pathology. Occupational Health and Human Ecology.2023; 4:50-62.*

For correspondence: *Elena Yu. Radoustskaya rievna, Cand.Sc. (Medicine), neurologist, occupational pathologist of the Novosibirsk Research Institute of Hygiene of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, tel. + 7 913 922 09 97. 630108 Novosibirsk, st. Parkhomenko, 7. E-mail: elena_doctor@mail.ru*

Financing: *The study had no financial support.*

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

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10404>

У постковидных пациентов наиболее частым, стойким и дезадаптирующим последствием является нарушение высших мозговых функций [1]. Такие проявления, как общая слабость, снижение выносливости к привычным нагрузкам, различные мигрирующие

болевые и сенсорные нарушения, регистрируются чаще, т.к. они легче определяются пациентами. Снижение когнитивных способностей может долгое время быть незамеченным, особенно если оно протекает в легкой форме [2,3]. Несмотря на то, что снижение высшей нервной деятельности может протекать непродолжительно, развитие длительных расстройств способно привести к инвалидизации [4].

Наиболее распространенными постковидными когнитивными нарушениями по результатам многочисленных исследований являются снижение толерантности к умственной работе, проблемы с концентрацией внимания, ощущение «затуманенности» в голове. Именно эти симптомы мешают пациенту сконцентрироваться для эффективного умственного труда [5].

Исследованиями S. Miners et al. [6] с помощью специализированных шкал, чувствительных к легким и умеренным когнитивным нарушениям, выявлено изменение кратковременной памяти у пациентов молодого и среднего возраста (средний возраст 42,2 года), болевших коронавирусной инфекцией в легкой и среднетяжелой форме, по сравнению с контрольной группой (средний возраст 38,4 года).

Lui et al. [7] при дистанционной оценке когнитивных способностей у 1539 пациентов в возрастной группе 60 лет и старше установили, что спустя 6 месяцев после заражения COVID-19 распространенность когнитивных расстройств различной степени тяжести у них была достоверно выше по сравнению с группой контроля (сопоставимые пациенты без коронавирусной инфекции в анамнезе).

По данным анализа когнитивного тестирования, проводившегося в исследовании Great British Intelligence Test с участием 84285 человек старше 16 лет, установлено, что у перенесших коронавирусную инфекцию общий средний балл был более низким. У 65% пациентов, переболевших коронавирусной инфекцией в тяжелой форме, выполнение тестов на оценку когнитивных функций, включающую сосредоточение внимания, зрительные и пространственные навыки, было намного хуже, по сравнению с лицами, не болевшими COVID-19 [8].

Сравнительная оценка когнитивных функций у пациентов, переболевших COVID-19 в легкой и средней степени тяжести, спустя три месяца после выздоровления и у здоровых лиц, не имевших заболевания новой коронавирусной инфекцией, показала, что у болевших коронавирусной инфекцией средний балл был меньше по многим показателям (память, внимание, беглость речи) [9]. Аналогичные данные получены в работе H. Zhou и соавт. [10].

O. Del Brutto и соавт. проведен анализ изменений нарушений когнитивных функций в группах пациентов, инфицированных (до и после начала заболевания COVID-19) и неинфицированных вирусом SARS-Cov-2, в результате которого выявлено, что в группе серопозитивных по вирусу отмечалась более высокая вероятность снижения когнитивных функций по сравнению с группой неинфицированных [11]. В другом крупном исследовании было установлено, что пациенты, болевшие коронавирусной инфекцией бессимптомно, имели меньшую сумму баллов по Монреальской шкале оценки когнитивных возможностей (MoCA), чем пациенты без этой инфекции в анамнезе. Причем выраженная достоверная

разница была выявлена при оценке таких показателей, как название предметов, беглость речи, пространственное и зрительное восприятие [12].

В исследовании A. Jaywant с соавт. достоверно выявлено наиболее частое нарушение непосредственного воспроизведения слов, познавательной активности, но реже фиксируются трудности отсроченного узнавания и воспроизведения слов [13], а также отмечается существенная недостаточность внимания и исполнительных функций [14]. В исследовании F. Alemanno с соавт. у пациентов-реконвалесцентов по COVID-19, средний возраст которых составлял $67,23 \pm 2,89$ года, выявлено снижение когнитивных способностей, коррелирующее с возрастом, в 80% случаев [15].

Отдаленные последствия SARS-CoV-2 на сегодняшний день наблюдаются во всем мире. Когнитивный дефицит может появляться сразу же после выздоровления либо через несколько месяцев после острого периода этого заболевания, сохраняться продолжительный период времени, заметно снижать уровень жизни пациентов, оказывать отрицательное влияние на их функциональную независимость и адаптацию в обществе [16].

Многие исследования показывают, что после окончания острой фазы коронавирусной инфекции у пациентов всех возрастных групп могут нарастать нарушения высших мозговых функций, особенно на фоне преморбидного когнитивного нарушения. Таким образом, вирус SARS-CoV-2 может оказывать не только задержанное, но и пролонгированное влияние на ухудшение когнитивных способностей [17].

Исходя из большинства исследований последних лет следует, что наиболее часто страдают кратковременная память и концентрация внимания. Кратковременная память - вид памяти, своеобразие которой заключается в том, что воспринимаемая информация сохраняется на очень короткое время [18]. Главной особенностью кратковременной памяти является то, что для запоминания материала не используются специальные мнемические приемы. Например, на запоминание отводится очень мало времени - 1-2 минуты, а потом предлагается сразу воспроизвести запомнившееся [19,20]. Наиболее важная функция кратковременной памяти – не допустить перегрузки долговременной памяти. Под «концентрацией внимания понимается способность отвлекаться от тех раздражителей, которые лежат вне основной деятельности, умение сосредоточивать внимание на основной задаче и отвлекаться от целого ряда второстепенных моментов» [21].

Цель исследования – оценить эффективность когнитивного тренинга у пациентов с когнитивными нарушениями, перенесших COVID-19.

Материалы и методы. В исследовании приняли участие 75 пациентов клиники профессиональных заболеваний: 40 - перенесшие коронавирусную инфекцию, что было лабораторно подтверждено во всех случаях; 35 - не болевшие коронавирусной инфекцией, что также имело лабораторное подтверждение. Критерием для включения в наше исследование считалось наличие у пациентов жалоб на нарушение когнитивных способностей, повышенную утомляемость и эмоциональную неустойчивость. При анализе данных анамнеза у 82,8% (80% в 1 группе, 86,1% в контрольной) выявлено наличие нарушения когнитивных функций. Исследование неврологического статуса, проведенного всем больным, не выявило какой-либо динамики в сравнении с «доковидными» осмотрами.

Состояние аффективной сферы проводилось с помощью Госпитальной шкалы тревоги и депрессии (Hospital Anxiety and Depression Scale, HADS). Когнитивные способности всех пациентов рассчитывались по краткой шкале оценки психического статуса (MMSE). Для измерения объема кратковременной памяти и концентрации внимания проводились различные тесты («Запоминание 20 слов», «Порядок цифр», «Объем зрительно-пространственной памяти», «Определение цели», Монреальская шкала оценки когнитивных функций (Monreal Cognitive Assesstment, MoCA).

Дизайн исследования предусматривал 2 визита пациентов во время прохождения ими курса планового стационарного обследования и лечения по поводу профессиональной патологии. Во время первого визита – при поступлении в клинику – оценивался статус по шкалам. Всем пациентам назначалась патогенетическая и симптоматическая терапия имеющейся профессиональной патологии (метаболические, вазоактивные средства, НПВС, ингаляции бронхолитиков, физиолечение, массаж). А пациентам основной группы дополнительно выдавалось задание для ежедневного самостоятельного когнитивного тренинга продолжительностью 10-15 минут. Повторная оценка статуса пациентов по шкалам проводилась во время второго визита – через 10 дней. Средний возраст в основной группе был 60,2 лет (46-79); в контрольной группе - 58,9 лет (45-76).

По половому составу – 19 мужчин и 21 женщина в основной группе; 12 мужчин и 23 женщины в контрольной группе.

В обеих группах были представлены практически все нозологические единицы профессиональной патологии: заболевания опорно-двигательного аппарата и периферической нервной системы – 28 человек в 1 группе, 23 - во 2 группе, нейросенсорная тугоухость – 4 и 7 человек соответственно; нейроинтоксикация – 3 и 2; ХОБЛ – по 3 человека в каждой группе. 2 человека в 1 группе наблюдались с профессиональным постковидным синдромом.

По степени тяжести перенесенная НКИ в основном была легкой степени тяжести (30 человек), бессимптомное течение было зарегистрировано у 2 человек, средней степени тяжести – в 7 случаях заболевания; 1 человек перенес НКИ тяжелой степени тяжести.

В обеих группах частота встречаемости атеросклероза, артериальной гипертензии, ожирения, курения в исследуемых группах была сопоставима: атеросклероз диагностирован у 62% пациентов основной группы и у 56% пациентов контрольной группы, артериальная гипертония у 64% и 65% пациентов соответственно, ожирением 1-2 степени страдает половина исследуемых первой группы и 52% второй, курильщики – 33% в основной группе и 39% в контрольной. Других заболеваний центральной нервной системы, в том числе острых нарушений мозгового кровообращения в анамнезе, не было выявлено у всех исследованных 75 человек.

До включения в исследование все пациенты дали свое информированное согласие.

Статистический анализ полученных данных проводился с использованием программы Microsoft Excel для Windows XP и IBM SPSS Statistics, version 23, 2015. Статистически значимые различия рассчитывались при 0,95 уровне вероятности безошибочного суждения, или $p < 0,05$.

Результаты. Отсутствие депрессии и тревоги было выявлено у подавляющего количества больных в обеих группах: 36 человек в 1 и 34 человека во 2 группе. В основной группе субклинически выраженная тревога и депрессия выявлена у трех пациентов, субклинически выраженная тревога – у одного пациента. В группе контроля у одного пациента выявлена субклинически выраженная депрессия.

Отклонение от нормы когнитивных функций выявлено только в основной группе у двух человек (легкая деменция - 23 и 24 балла), в том числе у пациента с профессиональным постковидным синдромом.

Диссомнические нарушения (ранняя, средняя, поздняя бессонница, различные их сочетания) выявлены у 21 человека из основной группы (52,5%) и у 18 человек из контрольной группы (51,4%) (рис. 1).



Рис. 1. Динамика кратковременной памяти до и после тренинга в основной группе

Fig. 1. Dynamics of short-term memory before and after training in the main group

Отмечается значительное улучшение показателей кратковременной памяти. Только у одного человека показатели не изменились после тренинга. Минимальное увеличение было на 1 слово (на 5,4%), максимальное – на 6 слов (на 28,6%). Причем зависимость результатов проведенного исследования от степени тяжести новой коронавирусной инфекции у пациентов основной группы не выявлена. В среднем показатели кратковременной памяти в основной группе улучшились после 10-дневного тренинга на 14,3% (рис. 1).

В контрольной же группе повторное обследование через 10 дней не выявило изменений показателей кратковременной памяти у 3 человек, у двух показатели даже ухудшились, а максимальное улучшение составило 3 слова (на 14%). В среднем показатели кратковременной памяти в контрольной группе улучшились после 10 дней на 6%, не достигнув среднего уровня основной группы (74,8% в основной группе и 68% в группе контроля), хотя исходно средний уровень кратковременной памяти в основной группе был немного ниже (60,5% против 62 %) (рис. 2).



Рис. 2. Динамика кратковременной памяти до и после тренинга в контрольной группе

Fig. 2. Dynamics of short-term memory before and after training in the control group

Похожие результаты мы получили и при исследовании концентрации внимания. Следует отметить, что исходный уровень в группах был различным: 71,7% в основной группе и 60% в группе контроля. После проведения 10-дневного самостоятельного когнитивного тренинга показатели концентрации внимания ухудшились в 1 группе у одного пациента, остались прежними у 4 пациентов. Минимальное увеличение было на 1 слово (на 4%), максимальное – на 7 слов (на 27%). Зависимости результатов проведенного исследования от степени тяжести новой коронавирусной инфекции у пациентов основной группы также выявлено не было. В среднем показатели концентрации внимания в основной группе улучшились после 10-дневного тренинга на 9% (рис. 3).



Рис. 3. Динамика концентрации внимания до и после тренинга в основной группе
Fig. 3. Dynamics of attention concentration before and after training in the main group

В контрольной же группе повторное обследование через 10 дней не выявило изменений показателей концентрации внимания у 6 человек, у 6 же человек показатели даже ухудшились, а максимальное улучшение составило 3 слова (на 11%). В среднем показатели концентрации внимания в контрольной группе улучшились после 10 дней на 2%, также не достигнув среднего уровня основной группы (80,8% в основной группе и 62% в группе контроля) (рис. 4).

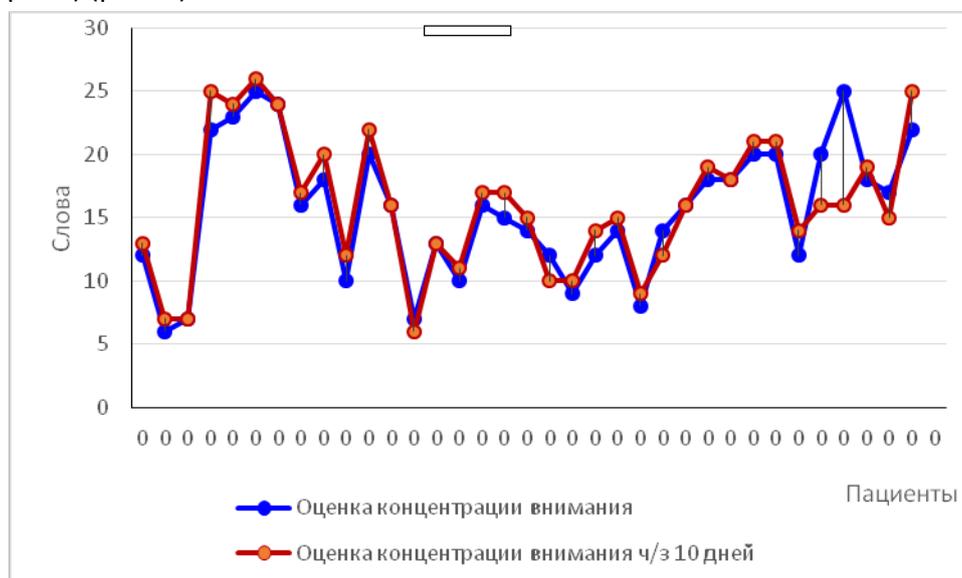


Рис. 4. Динамика концентрации внимания до и после тренинга в контрольной группе
Fig. 4. Dynamics of attention concentration before and after training in the control group

Заключение. Диагностика и лечение когнитивных расстройств у пациентов, перенесших COVID-19, – проблема новая. Медицинским сообществом еще не разработаны конкретные алгоритмы оказания помощи. Безусловно, необходима комплексная система

медицинской реабилитации, включающая медикаментозные и немедикаментозные методы. [22].

Согласно многочисленным исследованиям последних лет по улучшению когнитивных нарушений у лиц, переболевших новой коронавирусной инфекцией, в качестве «работающих» препаратов показали себя Холин альфосцерат, Мекси В6 [23], Актовегин [24]. В среднем достоверное улучшение когнитивных показателей на фоне приема в течение 1 месяца какого-либо из этих препаратов составляет от 9% до 20%.

В результате нашего наблюдения также отмечается достоверное улучшение и кратковременной памяти, и концентрации внимания после ежедневных когнитивных упражнений в течение 10 дней. Эффективность даже непродолжительного когнитивного тренинга говорит о необходимости его включения в комплексную реабилитацию пациентов, перенесших COVID-19. Преимущества этого метода: доступность, простота, информативность.

Когнитивный тренинг:

- не требует какого-либо инструментального или лабораторного оборудования;
- может проводиться независимо от социального статуса и уровня образования, что, в том числе, дает возможность дальнейших самостоятельных занятий;
- не требует дополнительных финансовых затрат;
- характеризуется быстротой проведения и достижения результата;
- дает возможность объективной (количественной) одновременной оценки состояния кратковременной памяти и концентрации внимания, что чаще всего снижается после перенесенной новой коронавирусной инфекции.

Когнитивные нарушения в структуре лонг-ковида – явление динамическое, поэтому актуально скрининговое обследование всех переболевших COVID-19 на предмет когнитивной дисфункции и осуществление наблюдения за выздоровевшими пациентами в динамике с учетом информации о перенесенной новой коронавирусной инфекции.

Когнитивный тренинг должен быть обязательным компонентом комплексной реабилитации постковидного синдрома.

Список литературы:

1. Ахророва Ш.Б., Нуруллаев Н.Н. Когнитивные нарушения при постковидном синдроме. Журнал неврологии и нейрохирургических исследований. 2021; 1:161-164. DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.5574211> URL: <https://tadqiqot.uz/index.php/neurology/article/view/3474/3326>
2. Горблянский Ю.Ю., Конторович Е.П., Понамарева О.П., Волынская Е.И. Профессиональные аспекты новой коронавирусной инфекции (COVID-19). Медицина труда и промышленная экология. 2021;61(2):103-114. DOI: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2021-61-2-103-114>

3. Горблянский Ю.Ю., Березина З.И., Гарипова Р.В., Конторович Е.П., Понамарева О.П., Рамазанова Э.Р. Медико-социальные аспекты профессионального здоровья работников с постковидным синдромом (тематический обзор). Медицина труда и промышленная экология. 2022; 62(9):601-615. DOI: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-9-601-615>
4. Хорева М.А. Постковидный синдром – новая реальность. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2021;121(10):131-137. DOI: <https://doi.org/10.17116/jnevro2021121101131>
5. Захаров В.В., Громова Д.О., Эдильгиреева Л.А., Садуллаева Т.А. Когнитивные и астенические расстройства после COVID-19. Русский медицинский журнал. 2022;4:15-19. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_49347346_81863992.pdf (дата обращения: 15.04.2023).
6. Miners S., Kehoe P.G., Love S. Cognitive impact of COVID–19: Looking beyond the short term. *Alzheimer’s Res Ther.* 2020;12(1):170. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13195-020-00744-w>
7. Liu Y.H., Wang Y.R., Wang Q.H. et al. Post-infection cognitive impairments in a cohort of elderly patients with COVID-19. *Mol Neurodegeneration.* 2021; 16:48-49. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13024-021-00469-w>
8. Hampshire A., Trender W., Chamberlain S.R., et al. Cognitive deficits in people who have recovered from COVID-19. *Ecological medicine.* 2021;39:101044. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2021.101044>
9. Woo M.S., Malsy J., Pöttgen J., et al. Frequent neurocognitive deficits after recovery from mild COVID-19. *Brain Commun.* 2020; 2 (2): fcaa205. DOI: <https://doi.org/10.1093/braincomms/fcaa205>
10. Zhou H., Lu S., Chen J., et al. The landscape of cognitive function in recovered COVID-19 patients. *J. Psychiatr. Res.* 2020;129:98–102. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2020.06.022>
11. Del Brutto O.H., Wu S., Mera R.M., et al. Cognitive decline among individuals with history of mild symptomatic SARS-CoV-2 infection: a longitudinal prospective study nested to a population cohort. *Eur. J. Neurol.* 2021;28 (10):3245–3253. DOI: <https://doi.org/10.1111/ene.14775>
12. Amalakanti S., Arepalli K.V.R., Jillella J.P. Cognitive assessment in asymptomatic COVID-19 subjects. *Virusdisease.* 2021; 8 (23): 1–4. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13337-021-00663-w>
13. Jaywant A., Vanderlind W.M., Alexopoulos G.S., et al. Frequency and Profile of Objective Cognitive Deficits in Hospitalized Patients recovering from COVID-19. *Neuropsychopharmacology.* 2021; 46 (13): 2235–2240. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41386-021-00978-8>
14. Воробьев П.А. Рекомендации по ведению больных с коронавирусной инфекцией COVID-19 в острой фазе и при постковидном синдроме в амбулаторных условиях. Проблемы стандартизации в здравоохранении. 2021; 7-8:3-96. DOI: <https://doi.org/10.26347/1607-2502202107-08003-096>

15. Alemanno F., Houdayer E., Parma A., et al. COVID-19 cognitive deficits after nervous system disorders in severe SARS-CoV-2 infection. *J. Neurol.* 2020; 267 (11): 3121–3127. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0246590>
16. Jackson J.C., Hopkins R.O., Miller R.R., et al. Acute respiratory distress syndrome, sepsis, and cognitive decline: a review and case study. *South. Med. J.* 2009;102(11):1150–1157. DOI: <https://doi.org/10.1097/SMJ.0b013e3181b6a592>
17. Kumar S., Veldhuis A., Malhotra T. Neuropsychiatric and cognitive sequelae of COVID-19. *Front. Psychol.* 2021;12:577529. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.577529>
18. Аткинсон Р.С. Человеческая память и процесс обучения. М.: Прогресс, 1980. 528 с.
19. Смирнов А. А. Проблемы психологии памяти. М.: Просвещение, 1966. 423 с.
20. Человек. Анатомия. Физиология. Психология: энциклопедический иллюстрированный словарь. М.: Питер, 2007. 672 с.
21. Дроздов А.А., Дроздова М.В. Справочник психотерапевта. 2005.
22. Пизова Н.В., Пизов Н.А., Пизов А.В. Когнитивные нарушения у лиц, перенесших COVID-19. *Медицинский совет.* 2021;(4):69-77. DOI: <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2021-4-69-77>
23. Боголепова А.Н., Осинская Н.А., Коваленко Е.А., Махнович Е.В. Возможные подходы к терапии астенических и когнитивных нарушений при постковидном синдроме. *Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика.* 2021;13(4):88-93. DOI: <https://doi.org/10.14412/2074-2711-2021-4-88-93>
24. Куташов В.А. Применение Актовегина у пациентов с когнитивными нарушениями после перенесенной коронавирусной инфекции COVID-19. *Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика.* 2021;13(2):65-72. DOI: <https://doi.org/10.14412/2074-2711-2021-2-65-72>

References:

1. Akhrorova Sh.B., Nurullaev N.N. Cognitive impairment in post-covid syndrome. *ZHurnal nevrologii i neyrohirurgicheskikh issledovanij.* 2021;SPECIAL 1:161-164. DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.5574211> URL: <https://tadqiqot.uz/index.php/neurology/article/view/3474/3326> (accessed 02/15/2023).
2. Gorblyansky Yu.Yu., Kontorovich E.P., Ponamareva O.P., Volynskaya E.I. Professional aspects of the new coronavirus infection (COVID-19). *Medicina truda i promyshlennaya ekologiya.* 2021;61(2):103-114. DOI: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2021-61-2-103-114>
3. Gorblyansky Yu.Yu., Berezina Z.I., Garipova R.V., Kontorovich E.P., Ponamareva O.P., Ramazanova E.R. Medico-social aspects of occupational health of workers with post-COVID syndrome (thematic review). *Medicina truda i promyshlennaya ekologiya.* 2022;62(9):601-615. DOI: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-9-601-615>
4. Khoreva MA. Postcovid syndrome – a new reality. *ZHurnal nevrologii i psixiatrii im. S.S. Korsakova.* 2021;121(10):131-137. DOI: <https://doi.org/10.17116/jnevro2021121101131>
5. Zakharov V.V., Gromova D.O., Edilgireeva L.A., Sadullaeva T.A. Cognitive and asthenic disorders after COVID-19. *Russkij medicinskij zhurnal.* 2022;4:15-19. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_49347346_81863992.pdf (date of access: 04/15/2023).

6. Miners S., Kehoe P.G., Love S. Cognitive impact of COVID – 19: Looking beyond the short term. *Alzheimer's Res Ther.* 2020;12(1):170. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13195-020-00744-w>
7. Liu Y.H., Wang Y.R., Wang Q.H. et al. Post-infection cognitive impairments in a cohort of elderly patients with COVID-19. *Mol Neurodegeneration.* 2021; 16:48-49. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13024-021-00469-w>
8. Hampshire A., Trender W., Chamberlain S.R., et al. Cognitive deficits in people who have recovered from COVID-19. *Ecological medicine.* 2021;39:101044. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2021.101044>
9. Woo M.S., Malsy J., Pöttgen J., et al. Frequent neurocognitive deficits after recovery from mild COVID-19. *Brain Commun.* 2020;2(2):fcaa205. DOI: <https://doi.org/10.1093/braincomms/fcaa205>
10. Zhou H., Lu S., Chen J., et al. The landscape of cognitive function in recovered COVID-19 patients. *J. Psychiatr. Res.* 2020;129:98–102. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2020.06.022>
11. Del Brutto O.H., Wu S., Mera R.M., et al. Cognitive decline among individuals with history of mild symptomatic SARS-CoV-2 infection: a longitudinal prospective study nested to a population cohort. *Eur. J. Neurol.* 2021;28 (10):3245–3253. DOI: <https://doi.org/10.1111/ene.14775>
12. Amalakanti S., Arepalli K.V.R., Jillella J.P. Cognitive assessment in asymptomatic COVID-19 subjects. *Virusdisease.* 2021;8(23):1–4. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13337-021-00663-w>
13. Jaywant A., Vanderlind W.M., Alexopoulos G.S., et al. Frequency and profile of objective cognitive deficits in hospitalized patients recovering from COVID-19. *Neuropsychopharmacology.* 2021;46(13):2235–2240. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41386-021-00978-8>
14. Vorobyov P.A. Recommendations for the management of patients with coronavirus infection COVID-19 in the acute phase and with post-covid syndrome on an outpatient basis. *Problemy standartizacii v zdravoohranenii.* 2021; 7-8:3-96. DOI: <https://doi.org/10.26347/1607-2502202107-08003-096>
15. Alemanno F., Houdayer E., Parma A., et al. COVID-19 cognitive deficits after nervous system disorders in severe SARS-CoV-2 infection. *J. Neurol.* 2020; 267 (11): 3121–3127. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0246590>
16. Jackson J.C., Hopkins R.O., Miller R.R., et al. Acute respiratory distress syndrome, sepsis, and cognitive decline: a review and case study. *South. Med. J.* 2009;102(11):1150–1157. DOI: <https://doi.org/10.1097/SMJ.0b013e3181b6a592>
17. Kumar S., Veldhuis A., Malhotra T. Neuropsychiatric and cognitive sequelae of COVID-19. *Front. Psychol.* 2021;12:577529. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.577529>
18. Atkinson R.Ch. Human memory and the learning process. M.: Progress, 1980. 528 p.
19. Smirnov A. A. Problems of the psychology of memory. Moscow: *Prosveshchenie.* 1966. 423 p.
20. Man. Anatomy. Physiology. Psychology: an encyclopedic illustrated dictionary. M.: Piter, 2007. 672 p.
21. Drozdov A.A., Drozdova M.V. *Spravochnik psihoterapevta.* 2005.

22. Pizova N.V., Pizov N.A., Pizov A.V. Cognitive impairment in survivors of COVID-19. *Medicinskij sovet*. 2021;(4):69-77. doi: <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2021-4-69-77>
23. Bogolepova A.N., Osinovskaya N.A., Kovalenko E.A., Makhnovich E.V. Possible approaches to the treatment of asthenic and cognitive impairments in post-COVID syndrome. *Nevrologiya, nejropsihiatriya, psihosomatika*. 2021;13(4):88-93. DOI: <https://doi.org/10.14412/2074-2711-2021-4-88-93>
24. Kutashov V.A. Actovegin use in patients with cognitive impairment after coronavirus infection (COVID-19). *Nevrologiya, nejropsihiatriya, psihosomatika*. 2021;13(2):65–72. DOI: <https://doi.org/10.14412/2074-2711-2021-2-65-72>

Поступила/Received: 28.04.2023

Принята в печать/Accepted: 07.07.2023

УДК 614.71

ВЛИЯНИЕ ПОЛЛЮТАНТОВ

АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ: НАУКОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЗАРУБЕЖНЫХ АНГЛОЯЗЫЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ 2017-2022 гг.

Мазилев С.И.¹, Райкова С.В.^{1,2}, Гусев Ю.С.¹, Поздняков М.В.¹, Комлева Н.Е.^{1,2},
Микеров А.Н.^{1,2}

¹Саратовский МНЦ гигиены ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», Саратов, Россия

²ФГБОУ ВО Саратовский ГМУ им. В. И. Разумовского Минздрава России, Саратов, Россия

В статье представлены результаты наукометрического анализа зарубежных публикаций за 2017-2022 гг., посвященных изучению влияния поллютантов атмосферного воздуха на здоровье населения.

Цель исследования – проведение наукометрического анализа современных международных публикаций по проблеме загрязнения атмосферного воздуха, с учетом картогеографического распределения, приоритетных органов-мишеней, приоритетных загрязнителей.

Материал и методы. Поиск публикаций осуществлялся по международным базам данных Web of Science и PubMed. Для составления таблиц, визуализации и сопоставления была использована программа VOSviewer.

Результаты. За последние годы отмечается повышение публикационной активности по проблемам загрязнения воздуха и возможных негативных последствий для здоровья человека. В 2004 г. появился новый подход к анализу проблемы путем проведения систематических обзоров и мета-анализов публикаций. Отмечается картогеографическое смещение публикационной активности от стран Европы и США в сторону стран Юго-Восточной Азии, преимущественно Китая. Установлено, что наибольшее количество работ за 2017-2022 гг. опубликовано исследователями из Китая и США – 6126 и 6091 соответственно. Ведущими организациями, специализирующимися в этой области, являются Лига европейских исследовательских университетов, Китайская академия наук и Калифорнийский университет. Журналы International Journal of Environmental Research and Public Health, Environment International, Journal of Cleaner Production опубликовали наибольшее количество статей по влиянию аэрополлютантов на здоровье человека за исследуемый временной интервал. Большинство исследований посвящены изучению влияния поллютантов на дыхательную и сердечно-сосудистую системы, репродуктивную функцию, психическое здоровье. Приоритетными загрязнителями атмосферного воздуха в контексте влияния на здоровье были PM_{2.5}, PM₁₀.

Ключевые слова: здоровье населения, поллютанты, загрязнение, атмосферный воздух, наукометрический анализ.

Для цитирования: Мазилев С.И., Райкова С.В., Гусев Ю.С., Поздняков М.В., Комлева Н.Е., Микеров А.Н. Влияние поллютантов атмосферного воздуха на здоровье населения:

наукотрический анализ зарубежных англоязычных публикаций 2017-2022 гг. Медицина труда и экология человека. 2023; 4:63-81.

Для корреспонденции: Мазилев Святослав Игоревич – кандидат биологических наук, младший научный сотрудник лаборатории инновационных методов в медицине Саратовского медицинского научного центра гигиены ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, e-mail: smazilov@yandex.ru.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10405>

IMPACT OF AMBIENT AIR POLLUTION ON PUBLIC HEALTH: SCIENTOMETRIC ANALYSIS OF FOREIGN ENGLISH-LANGUAGE PUBLICATIONS BETWEEN 2017 AND 2022

Mazilov S. I.¹, Raikova S. V.¹, Gusev Yu. S.¹, Pozdnyakov M. V.¹, Komleva N.E.^{1,2},

Mikerov A. N.^{1,2}

¹Saratov Hygiene Medical Research Center of the FSC Medical and Preventive Health Risk Management Technologies», Saratov, Russia

²Razumovskiy Saratov State Medical University, Saratov, Russia

Introduction. The article presents the results of scientometric analysis of international publications between 2017 and 2022 devoted to the study of the impact of ambient air pollution on public health.

The purpose of the study is to carry out a scientometric analysis of current international publications on the problem of ambient air pollution, taking into account the geographical distribution, priority target organs, priority pollutants.

Material and methods. The search for publications was carried out using the international databases Web of Science and PubMed. VOSviewer was used for creating tables, visualization and mapping.

Results. In recent years, there has been an increase in publication activity on the problems of air pollution and possible negative consequences for human health. In 2004, a new approach to problem analysis appeared by conducting systematic reviews and meta-analyses of publications.

There is a geographic shift in publication activity from the countries of Europe and the United States towards the countries of Southeast Asia, mainly China. It was established that the largest number of works for the period 2017-2022 published by researchers from China and the United States - 6126 and 6091, respectively. The leading organizations specializing in this area are the League of European Research Universities, the Chinese Academy of Sciences and the University of California. The journals International Journal of Environmental Research and Public Health, Environment International, Journal of Cleaner Production published the largest number of articles on the effects of aeroplutants on human health in the time interval studied. Most studies are devoted to the study of the impact of pollutants on the respiratory and cardiovascular systems,

reproductive function, mental health. Priority air pollutants in the context of health effects were $PM_{2.5}$, PM_{10} .

Keywords: public health, pollutants, ambient air pollution, scientometric analysis.

For citation: Mazilov S. I., Raikova S. V., Gusev Yu. S., Pozdnyakov M. V., Komleva N.E., Mikerov A. N. Impact of ambient air pollution on public health: scientometric analysis of foreign English-language publications between 2017 and 2022. *Occupational Health and Human Ecology*. 2023; 4:63-81.

For correspondence: Svyatoslav I. Mazilov – Cand.Sc. (Biology), Junior Researcher, Laboratory of Innovative Methods in Medicine, Saratov Hygiene Medical Research Center of the FSC Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, e-mail: smazilov@yandex.ru

Financing: the study had no financial support.

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

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10405>

Введение. Загрязнение атмосферного воздуха и его воздействие на здоровье человека является общемировой проблемой [1,2,3,4]. В послании к Федеральному собранию В.В. Путин отметил важность продолжения и расширения проекта «Чистый воздух» на территории РФ [5]. Около 89% преждевременных смертельных случаев, связанных с загрязнением атмосферного воздуха, имели место в странах с низким и средним уровнем дохода, главным образом в странах Юго-Восточной Азии и Западной части Тихого океана [6]. На рисунке 1 представлены данные ВОЗ по распределению смертельных случаев, связанных с воздействием поллютантов по мировым регионам [7]

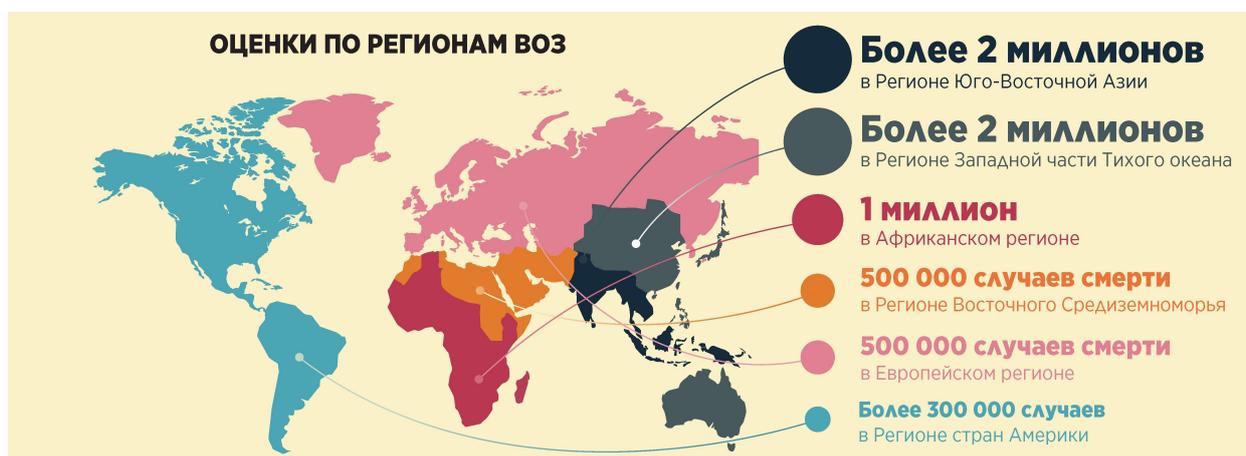


Рис. 1. Данные ВОЗ по количеству смертельных исходов, связанных с загрязнением воздуха, по регионам [7]

Fig. 1. WHO data on air pollution-related deaths by regions [7]

Политика «чистого воздуха», проводимая в последние годы США и странами Евросоюза, привела к снижению уровня загрязнения атмосферного воздуха в этих странах [8,9,10,11]. Однако рост урбанизации и индустриализации в развивающихся странах,

особенно в Китае и Индии, сопровождается увеличением выброса вредных химических веществ в атмосферу [1]. Особое внимание данной проблеме уделяется в Китае, в котором аэрополлютанты стали четвертой по величине угрозой для здоровья населения [12].

Для оценки научного влияния той или иной научной публикации используется библиометрический анализ [13]. Он позволяет также определить тенденции в публикационной активности с течением времени и выявить пробелы изучаемой области знаний [14]. В библиометрическом анализе можно выделить два основных направления: анализ цитирования и географический анализ [15]. Анализ цитирования использует уровень цитирования как критерий эффективности исследования и позволяет выявить статьи, которые сформировали современную историю конкретной области знания [16]. В данной работе сделан акцент на географическое распределение опубликованных исследований загрязнения атмосферного воздуха и здоровья органов дыхания, выявлены учреждения с наибольшей публикационной активностью.

Материалы и методы. Поиск публикаций осуществлялся по международным базам данных Web of Science и PubMed, предоставляющим подробную информацию для библиометрического анализа и имеющим широкий охват научных исследований [17].

Критерии включения в поиск: временной интервал с 2017 по 2022 год, язык публикации – английский. Использованы следующие ключевые слова и их сочетания: “air pollution”, “ambient air pollution”, “air quality”, “emissions”, “exposure”, “health”, “human health”, “health impact assessment”, “physical health”, “mental health”, “happiness”, “depression”, “health risk”, “risk perception”, “daily mortality”, “mediating effect”, “association”, “time series”, “disease”, “epidemiology”, “economic growth”, “developing countries”, “inequalities”, “global burden”, “climate change”, “risk assessment”, “health effects”, “children”, “asthma”, “lung function”, “blood pressure”, “inflammation”, “fine particulate matter”, “pm2.5”, “pm10”, “ozone”, “heavy metal”, “nitrogen dioxide”, “oxidative stress”, “temperature”, “China”, “sulfur dioxide”, “source apportionment”. Данные были загружены в текстовом формате с разделителями – табуляцией и содержали всю библиографическую информацию (авторы, название, источник, аннотация, цитируемые ссылки, ключевые слова).

Для составления таблиц, визуализации и сопоставления была использована программа VOSviewer [18]. Методы визуализации представлены в виде плотности, сети или карты наложения. В визуализации сети разные цвета обозначают разные кластеры, такие как ключевые слова, страны и учреждения; соединительные линии представляют такие параметры, как сотрудничество и совместное цитирование. Размер круга определяет собой величину таких параметров. Сила сотрудничества, совместного цитирования измеряется толщиной соединительных линий, которая численно представлена как относительная сила связи.

Результаты и обсуждение

Мировые тенденции публикационной активности системных обзоров и мета-анализов по проблемам загрязнения атмосферного воздуха и влияния на здоровье человека

В соответствии с поставленной целью исследования был произведен поиск по

ключевым словам и их сочетаниям (рис. 2).

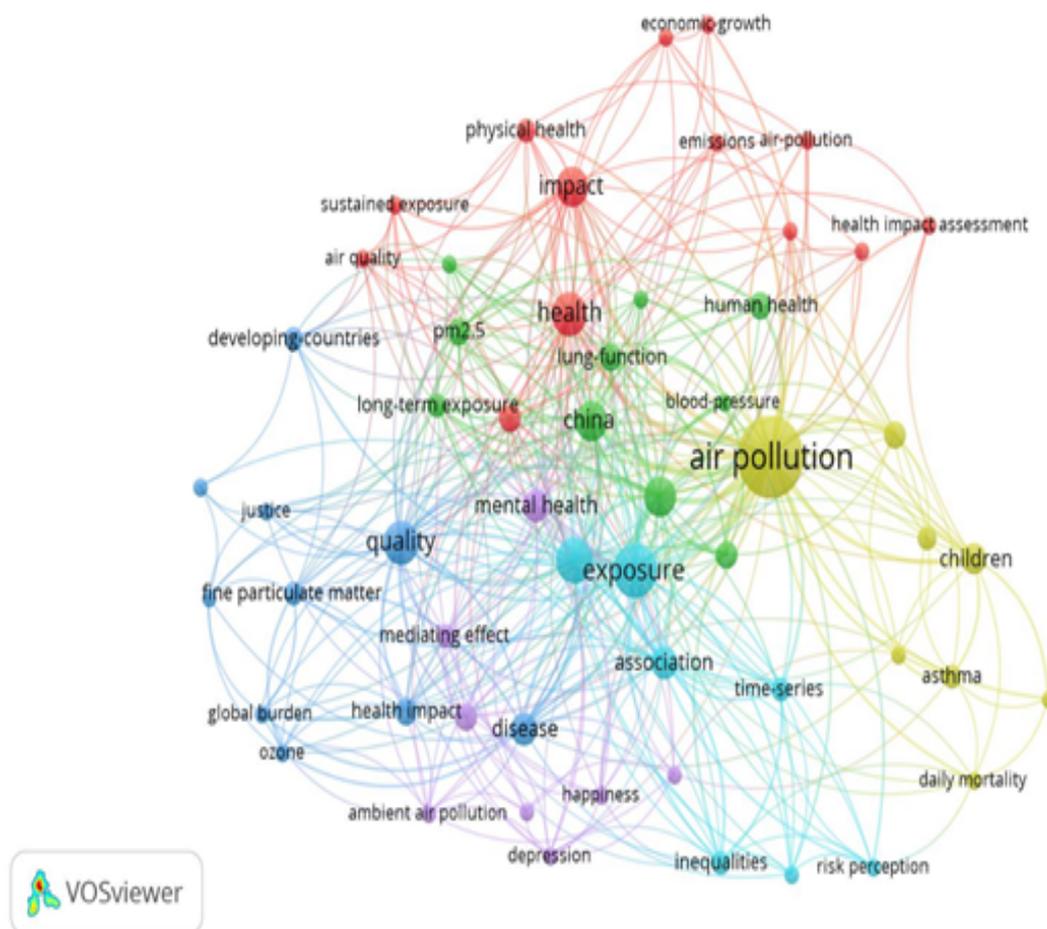


Рис. 2. Сетевая визуализация совместного использования ключевых слов

Fig. 2. Network visualization of keyword sharing

Из всех ключевых слов, наиболее встречающимися для поиска были: «air pollution», «health», «exposure», «quality». По ключевым словам «air pollution» и «health» найдено 21316 и 14980 статей в базах данных Web of Science и PubMed соответственно за период с 2017 по апрель 2022 гг.

Тенденция к быстрому увеличению числа публикаций наблюдается на протяжении последних 20 лет (рис. 3).

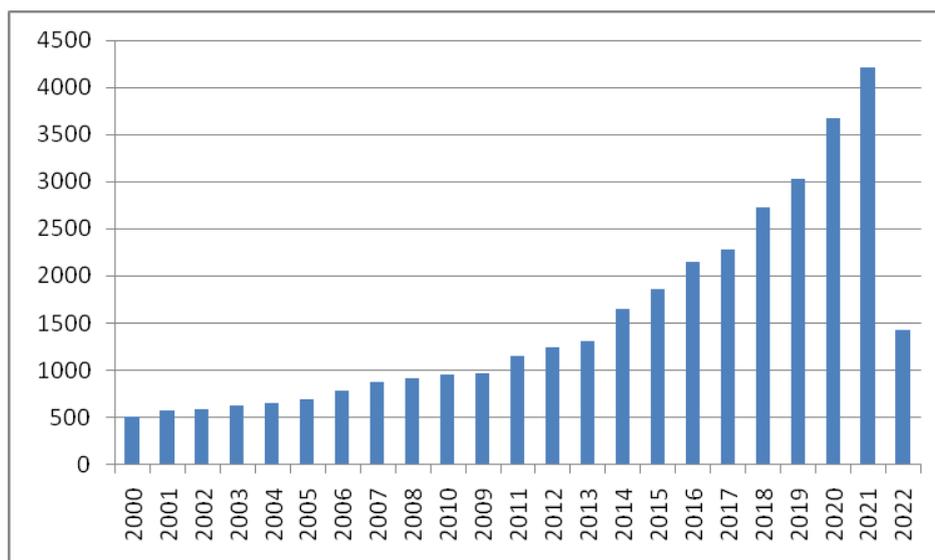


Рис. 3. Динамика ежегодных публикаций в базе данных PubMed, связанных с исследованиями в области загрязнения воздуха и здоровья человека, с 2000 по 2022 годы (апрель)

Fig. 3. Dynamics of annual publications in the PubMed database related to research in the field of air pollution and human health, between 2000 and 2022 (April)

Стабильный рост количества публикаций по данной проблематике отмечается с 2014 года (1655 публикаций), наименьшее количество публикаций было зарегистрировано в 2000 году (513 опубликованных материалов). Рост количества публикаций свидетельствует о возрастающем интересе мирового научного сообщества в данной области.

В 2004 г. появился новый подход к анализу проблемы путем проведения систематических обзоров и мета-анализов публикаций. По утверждению Ioannidis [19], в настоящее время производство систематических обзоров и мета-анализов «достигло пандемического уровня». Dominski et al. [20] осуществили систематический картографический обзор с анализом географического расположения авторов публикаций, нозологий, приоритетных поллютантов. Поиск англоязычных публикаций (систематических обзоров и мета-анализов) проводился с учетом баз данных PubMed, Web of Science, Scopus, Cinahl и Cochrane Library, опубликованных до 18 июня 2020 года.

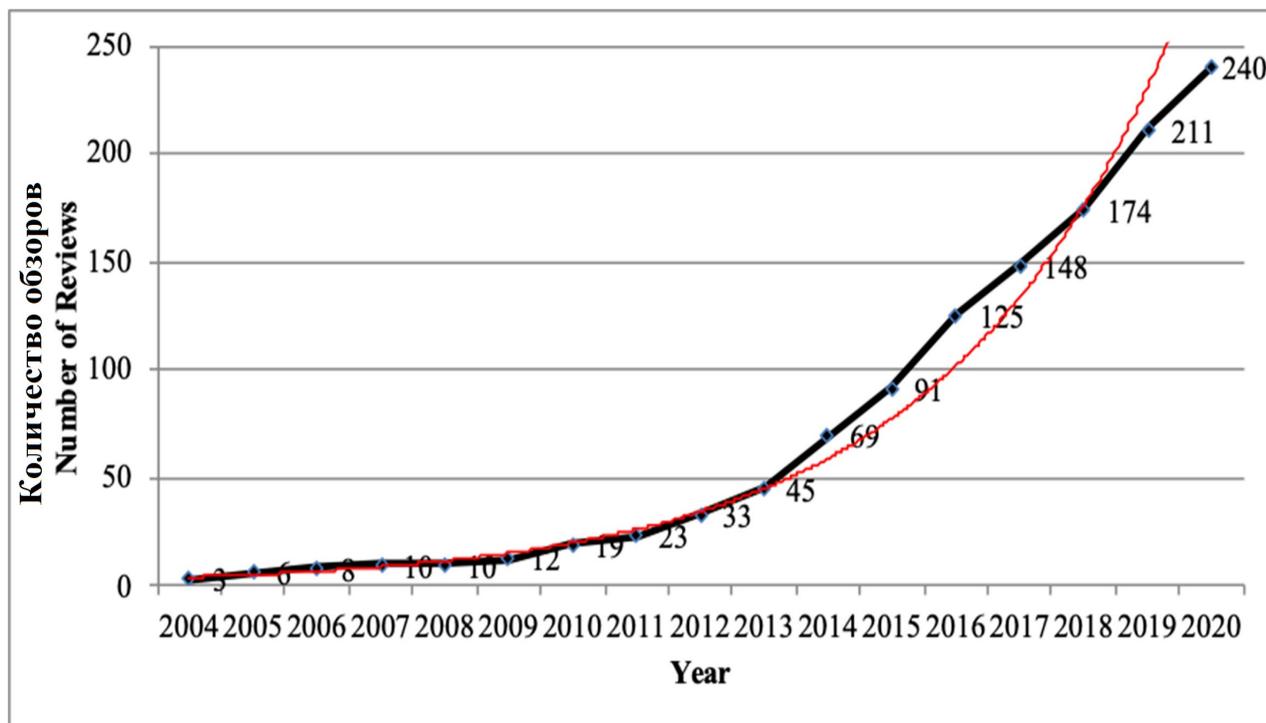


Рис. 4. Количество систематических обзоров и мета-анализов о воздействии загрязнения воздуха на здоровье населения по годам. Красная линия представляет экспоненциальную корректировку числа публикаций [20]

Fig. 4. Number of systematic reviews and meta-analyses on the health effects of air pollution by year. The red line represents the exponential adjustment in the number of publications [20]

Первый опубликованный систематический обзор относится к 2004 году, а начиная с 2014 года отмечается общий прогрессивный рост числа публикаций, охвативший 32 страны на 6 мировых континентах (рис. 5). К 2017 году наибольшее количество публикаций было произведено учеными из США, далее следуют Китай, затем Англия, Индия, Италия, Австралия и Канада [21].

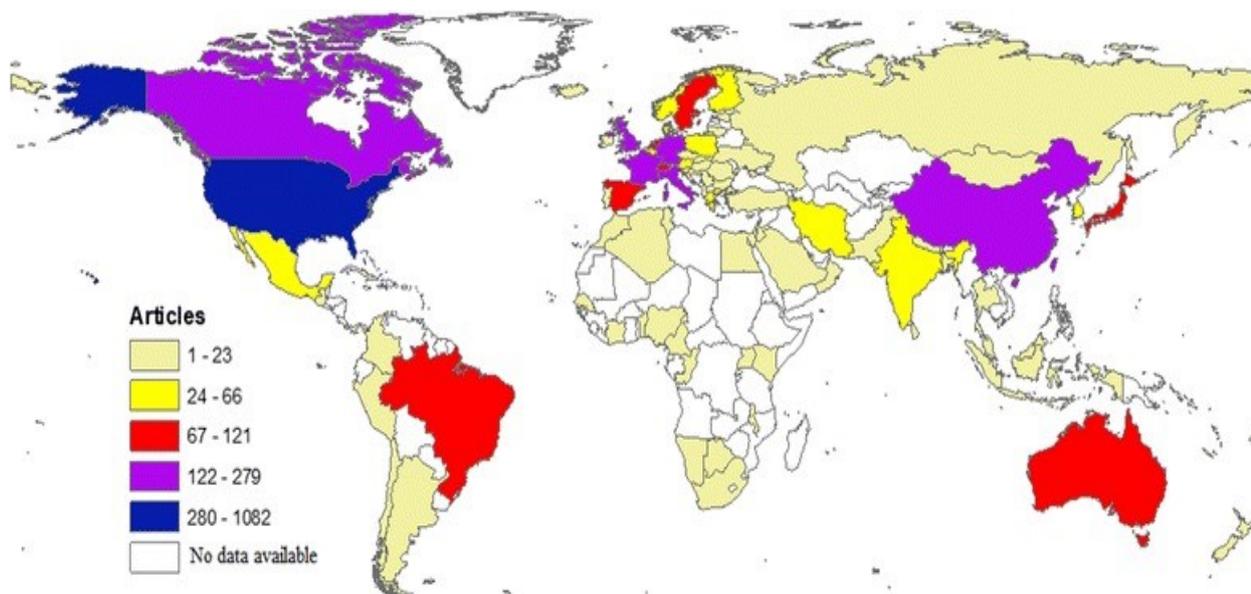


Рис. 5. Географическое распределение опубликованных исследований загрязнения атмосферного воздуха и здоровья органов дыхания (1900–2017) [21]

Fig. 5. Geographic distribution of published studies on air pollution and respiratory health (1900–2017) [21]

Проведенный нами географический анализ публикационной активности, связанной с исследованиями в области загрязнения воздуха и здоровья человека, показал, что наибольшее количество публикаций за 2017–2022 гг. выполнено учеными из Китая и США с общим количеством 6126 и 6091 документ соответственно. Далее следуют Англия, Индия, Италия, Австралия и Канада. Активно участвовали в исследованиях Германия, Франция, Испания, Нидерланды, Греция, Португалия, Япония и Бразилия.

В последние годы отмечается смещение публикационной активности от стран Европы и США в сторону стран Юго-Восточной Азии, преимущественно Китая, в том числе и обзорных материалов по проблемам загрязнения атмосферного воздуха. По количеству ежегодных обзоров публикационная активность Китая уже превзошла США в четыре раза [19]. Большинство систематических обзоров и мета-анализов проведены исследователями из учреждений Китая, США, Великобритании и Италии (рис. 6).



Рис. 6. Географическое распределение систематических обзоров и мета-анализов по воздействию загрязнения воздуха на здоровье [20]

Fig. 6. Geographical distribution of systematic reviews and meta-analyses on the health effects of air pollution [20]

Наиболее активно участвуют в исследованиях и публикациях, посвященных загрязнению воздуха и его влиянию на здоровье человека, учреждения из Европы (5 организаций), Китая (3 организации) и США (6 организаций) (табл. 1). Ведущим автором публикаций является Лига европейских исследовательских университетов (League of European Research Universities), за ней следуют Китайская академия наук и Калифорнийский университет.

Таблица 1

Рейтинг учреждений с наибольшим количеством публикаций о влиянии загрязнения воздуха на здоровье человека в базе данных Web of Science за 2017-2022 гг.

Table 1

Rating of institutions with the largest number of publications on the impact of air pollution on human health in the Web of Science database between 2017 and 2022

Организация	Страна	Количество публикаций
The League of European Research Universities	Европа	1281
Китайская академия наук	Китай	947
The University of California	США	764
Harvard University	США	722
Пекинский университет	Китай	618
University of London I	Великобритания	448
University Of Washington.	США	345
Университет Академии наук Китая	Китай	329
Imperial College London	Великобритания	320
Фуданьский университет	Китай	316
Columbia University	США	290
Universites de Recherche Francaises (UDICE)	Франция	290
North Carolina State University	США	287
Centre national de la Recherche Scientifique (CNRS)	Франция	286
Emory University	США	282

Журнал International Journal of Environmental Research and Public Health имеет наибольшее количество публикаций по исследованиям, связанным с загрязнением воздуха и здоровьем человека (1051) (табл. 2). Журналы Environment International, Journal of Cleaner Production и Environmental Science & Technology имеют самый высокий импакт-фактор. Наибольшее количество журналов по изучаемой проблеме издается в Великобритании.

Таблица 2

Рейтинг журналов с наибольшим количеством публикаций по исследованиям, связанным с загрязнением воздуха и здоровьем человека

Table 2

Ranking of journals with the largest number of publications on research related to air pollution and human health

Название журнала	Страна	ИФ JCR 2020/ квартиль	Количество публикаций
International Journal of Environmental Research and Public Health	Швейцария	3.390/Q1	1051
Science of the Total Environment	Нидерланды	7.963/Q1	985
Environmental Research	США	6.498/Q1	701
Environmental Science and Pollution Research	Германия	4.223/Q2	670
Environment International	Великобритания	9.621/Q1	648
Environmental Pollution	Великобритания	8.071/Q1	567
Atmospheric Environment	Великобритания	4.798/Q1	470
Atmosphere	Швейцария	2.686/Q2	384
Sustainability	Швейцария	3.251/Q2	308
Air Quality, Atmosphere and Health	Нидерланды	3.763/Q2	278
Journal of Cleaner Production	Великобритания	9.297/Q1	261
Chemosphere	Великобритания	7.086/Q1	259
Environmental Science & Technology	США	9.028/Q1	248
Atmospheric Pollution Research	Нидерланды	4.352/Q1	218
Atmospheric Chemistry and Physics	Германия	6.133/Q1	215

Приоритетные загрязнители и системы-мишени

В России Санитарные правила и нормы⁴ регламентируют предельно допустимые концентрации (ПДК) около 1700 загрязняющих веществ, содержащихся в атмосферном воздухе. Каждое государство самостоятельно устанавливает ПДК атмосферных загрязнителей, однако в любой стране мира применимы глобальные рекомендации ВОЗ о предельных значениях концентрации основных загрязняющих воздух веществ, представляющих угрозу для здоровья населения, к которым относятся взвешенные частицы, озон, диоксид азота, диоксид серы, оксид углерода [22]. На рисунке 7 представлена сетевая визуализация основных загрязнителей воздуха по данным литературных источников.

⁴ СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений»

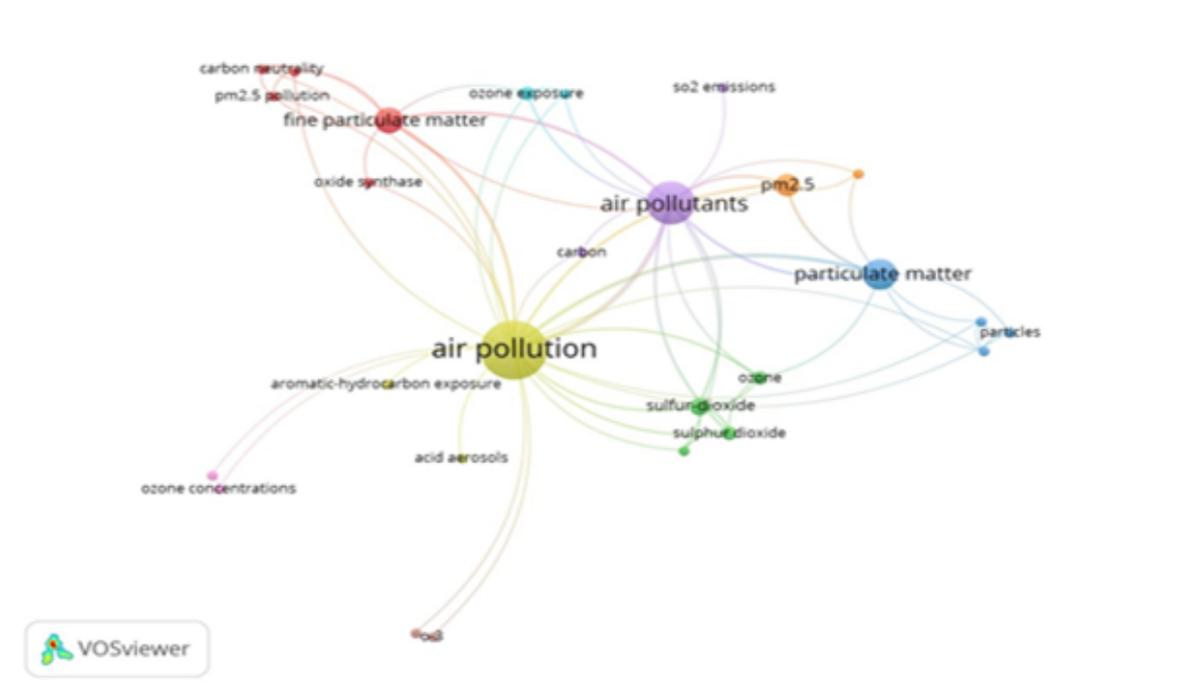


Рис. 7. Сетевая визуализация основных загрязнителей воздуха

Fig. 7. Network visualization of major air pollutants

Наиболее исследованными загрязнителями атмосферного воздуха в контексте влияния на здоровье человека являются взвешенные частицы – РМ (от англ. Particulate Matter), диаметром 10 микрон и менее (PM_{10}) и диаметром 2,5 микрон и менее ($PM_{2.5}$) (рис. 7).

Наибольший интерес исследователей был сосредоточен на изучении воздействия загрязнителей на дыхательную, сердечно-сосудистую системы, репродуктивную функцию, психическое здоровье (табл. 3).

Таблица 3

Число обзоров в зависимости от загрязнителей воздуха и последствий для здоровья человека (по данным [20])

Table 3

Number of reviews depending on air pollutants and human health effects (based on data from [20])

Последствия для здоровья	Загрязнитель воздуха									Всего
	Газообразные загрязнители				Взвешенные частицы			Другие опасные вещества		
	О ₃	SO ₂	CO	NO ₂	PM _{2.5}	PM ₁₀	ОВЧ	NO _x	ЛОС	
Респираторные заболевания	18	21	17	25	26	25	2	6	2	142
Сердечно-сосудистые заболевания	7	10	9	14	32	21	–	3	–	96
Все причины	14	11	12	13	22	17	3	2	–	94
Беременность и дети	19	20	18	17	30	21	5	13	–	143
Общие последствия для здоровья	4	6	5	8	7	8	–	–	–	38
Рак	4	4	5	10	8	7	–	4	–	42
Психические расстройства	10	7	6	9	14	14	–	6	–	108
Другие заболевания	7	8	5	11	18	18	–	2	–	69
Хронические заболевания	5	5	4	6	7	7	–	4	–	38
Сердечно-респираторные заболевания	3	3	3	3	4	3	–	1	–	20
Всего	91	95	84	116	168	141	10	41	2	790

Примечания: – нет исследований, ОВЧ – общее количество взвешенных частиц, NO_x – оксиды азота, ЛОС – летучие органические соединения

Notes: – no studies, TSP – total suspended particles, NO_x – nitrogen oxides, VOC – volatile organic compounds

Значительное число публикаций по всему миру, возрастающий интерес к данной проблеме, появление новых наукометрических подходов к анализу полученных данных о

влиянии поллютантов атмосферного воздуха на здоровье человека свидетельствуют о сохранении актуальности данной проблемы несмотря на предпринятые рядом стран комплексы мероприятий по улучшению состояния окружающей среды [23,24,25].

Развитие индустриализации, увеличение числа частных автомобилей и сжигания топлива, экономический и энергетический кризис закономерно приведут к снижению качества атмосферного воздуха [26,27,28,29,30], что сохраняет необходимость информированности врачей всех специальностей о возможных негативных последствиях для здоровья.

В обзоре представлены результаты наукометрического анализа современных зарубежных публикаций, посвященные изучению влияния поллютантов атмосферного воздуха на здоровье населения. Установлено, что наибольшее количество публикаций за 2017-2022 гг. опубликовано КНР и США – 6126 и 6091 соответственно. Ведущими организациями, специализирующимися в этой области, являются Лига европейских исследовательских университетов, Китайская академия наук и Калифорнийский университет. Журналы *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *Environment International*, *Journal of Cleaner Production* опубликовали наибольшее количество статей по влиянию воздушного загрязнения на здоровье человека за последние пять лет. Большинство исследований посвящены изучению влияния поллютантов на дыхательную и сердечно-сосудистую системы, репродуктивную функцию, психическое здоровье. Приоритетными загрязнителями атмосферного воздуха в контексте влияния на здоровье были $PM_{2.5}$, PM_{10} .

Заключение. С увеличением публикационной активности по проблеме воздействия аэрополлютантов на здоровье населения исследователям все сложнее выделять из потока наиболее значимые работы. В проведенном наукометрическом анализе выделены наиболее и наименее изученные вредные воздействия аэрополлютантов на органы и системы человека, что открывает исследователям наиболее перспективные направления в данной сфере научных интересов. Определены лидирующие страны, наиболее значимые мировые организации, осуществляющие работу в данном направлении, а также ведущие журналы, публикующие результаты работ, посвященных данной проблематике. Это позволит упростить поиск подходящих статей для конкретного исследовательского запроса и повысить его эффективность.

Таким образом, представленный актуальный наукометрический анализ имеет практическую и научную значимость для исследователей, работающих над проблемой изучения влияния поллютантов атмосферного воздуха на здоровье населения.

Список литературы:

1. Liu S., Zhou Y., Liu S., Chen X., Zou W., Zhao D. et al. Association between exposure to ambient particulate matter and chronic obstructive pulmonary disease: results from a cross-sectional study in China. *Thorax*. 2017; 72(9): 788-795. doi:10.1136/thoraxjnl-2016-208910
2. Sanyal S., Rochereau T., Maesano C.N., Com-Ruelle L., Annesi-Maesano I. Long-term effect of outdoor air pollution on mortality and morbidity: a 12-year follow-up study for metropolitan

- France. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2018; 15(11): 2487. doi:10.3390/ijerph15112487
3. Chen H., Kwong J.C., Copes R., Tu K., Villeneuve P.J., van Donkelaar A. et al. Living near major roads and the incidence of dementia, Parkinson's disease, and multiple sclerosis: a population-based cohort study. *Lancet*. 2017; 389(10070):718-726. doi: 10.1016/S0140-6736(16)32399-6
 4. Просвирякова И.А., Шевчук Л.М. Гигиеническая оценка влияния загрязнения атмосферного воздуха мелкодисперсными твердыми частицами на здоровье населения. *Медицина труда и экология человека*. 2018; 3(15): 28-32.
 5. Послание Президента Федеральному Собранию 21 февраля 2023 года URL <http://kremlin.ru/events/president/transcripts/70565> (дата обращения 21.02.2023)
 6. Загрязнение атмосферного воздуха. *Информационный бюллетень ВОЗ* URL [https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) (дата обращения 21.02.2023).
 7. Как загрязнение воздуха разрушает наше здоровье. *Центр СМИ ВОЗ*. URL <https://www.who.int/ru/news-room/spotlight/how-air-pollution-is-destroying-our-health> (дата обращения = accessed 21.02.2023) (InRussian)
 8. Kuklinska K., Jacek W., Namiesnik J. Air Quality Policy in the U.S. and the EU – A Review. *Atmospheric Pollution Research*. 2015; 6: 129-137. doi:10.5094/APR.2015.015
 9. Нерсесян Е.Н., Бокерия С.А. Экологические инициативы Франции. *Этносоциум и межнациональная культура*. 2018; № 5(119): 137-147.
 10. Шкодинский С.В., Рыкова И.Н., Юрьева А.А. Опыт отдельных зарубежных стран в сфере снижения выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. *Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Экономика*. 2021; 4: 118-132. doi:10.18384/2310-6646-2021-4-118-132
 11. Лыжин Д.Н. Климатическая политика США: проблемы и перспективы глобального лидерства. *Проблемы национальной стратегии*. 2021; 3(66): 221-245. doi: 10.52311/2079-3359_2021_3_221
 12. Zhang Z., Yan W., Chen Q., Zhou N., Xu Y. The relationship between exposure to particulate matter and breast cancer incidence and mortality: A meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*. 2019; 98(50): e18349. doi:10.1097/MD.00000000000018349
 13. Akmal M., Hasnain N., Rehan A., Iqbal U., Hashmi S., Fatima K. et al. Glioblastome Multiforme: A Bibliometric Analysis. *World neurosurgery*. 2020; 136: 270-282. doi: 10.1016/j.wneu.2020.01.027
 14. Hoffman A. F., Rodriguez Colon R., Diep G. K., Berman Z. P., Kimberly L. L., Trilles J. et al. Trends, Gaps, and Collaboration in Facial Transplantation: A Bibliometric Study. *Plastic and reconstructive surgery. Global open*. 2022; 10(4): e4248. doi: 10.1097/GOX.00000000000004248
 15. Wang J., Wang X., Cai X., Pan D. Global trends and hotspots in IgA nephropathy: a bibliometric analysis and knowledge map visualization from 2012 to 2023. *International urology and nephrology*. 2023. Online ahead of print. doi: 10.1007/s11255-023-03598-x

16. Brandt J.S., Hadaya O., Schuster M., Rosen T., Sauer M.V., Ananth C.V. A Bibliometric Analysis of Top-Cited Journal Articles in Obstetrics and Gynecology. *JAMA Netw Open*. 2019; 2(12): e1918007. doi: 10.1001/jamanetworkopen.2019.18007
17. Yi F., Yang P., Sheng H. Tracing the scientific outputs in the field of Ebola research based on publications in the Web of Science. *BMC Res Notes*. 2016; 9: 221. doi:10.1186/s13104-016-2026-2
18. Van Eck N.J., Waltman L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*. 2010; 84(2): 523-538 doi:10.1007/s11192-009-0146-3
19. Ioannidis J.P. The Mass Production Of Redundant, Misleading, And Conflicted Systematic Reviews And Meta-Analyses. *The Milbank Quarterly*. 2016; 94(3): 485-514. doi:10.1111/1468-0009.12210
20. Dominski F.H., Branco J.H.L., Buonanno G., Stabile L., da Silva M.G., Andrade A. Effects of air pollution on health: A mapping review of systematic reviews and meta-analyses. *Environmental Research*. 2021; 201:111487. doi:10.1016/j.envres.2021.111487
21. Sweileh W.M., Al-Jabi S.W., Zyoud S.H., Sawalha A.F. Outdoor air pollution and respiratory health: a bibliometric analysis of publications in peer-reviewed journals (1900–2017). *Multidisciplinary Respiratory Medicine*. 2018; 13: 15. doi:10.1186/s40248-018-0128-5
22. World Health Organization. WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. *Geneva: World Health Organization*. 2021. 273 p. ISBN 978-92-4-003422-8. URL: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329> (дата обращения: 20.04.2023)
23. Камышникова И.В. Мероприятия по улучшению экологической ситуации в городе Братске. Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2020; 1: 264-274.
24. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2021 году. *Государственный доклад*. М.: Минприроды России; МГУ имени М.В.Ломоносова, 2022. - 684 с.
25. European Environment Agency. Air quality in Europe 2022. Web report URL <https://www.eea.europa.eu/www/SITE/publications/air-quality-in-europe-2022> (дата обращения 21.02.2023)
26. Горюшинский В.С. Коняхин В. И., Хрусталева А. И. Автотранспорт как источник загрязнения окружающей среды. *Вестник современных исследований*. 2018; 12.10(27): 112-114
27. Bai L., Wang J., Ma X., Lu H. Air Pollution Forecasts: An Overview. *Int J Environ Res Public Health*. 2018; 15(4):780. doi: 10.3390/ijerph15040780
28. 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: 12-19. doi: 10.33396/1728-0869-2019-11-12-19
29. Brumberg N.L., Karr C.J., Bole A., Ahdoot S., Balk S.J., Bernstein A.S. et al.; COUNCIL ON ENVIRONMENTAL HEALTH. Ambient Air Pollution: Health Hazards to Children. *Pediatrics*. 2021; 147(6): e2021051484. doi: 10.1542/peds.2021-051484

30. Bouza E., Vargas F., Alcázar B., Álvarez T., Asensio A., Cruceta G. et al. Air pollution and health prevention: A document of reflection. *Rev Esp Quimioter.* 2022; 35(4): 307-332. doi: 10.37201/req/171.2021

References:

1. Liu S., Zhou Y., Liu S., Chen X., Zou W., Zhao D. et al. Association between exposure to ambient particulate matter and chronic obstructive pulmonary disease: results from a cross-sectional study in China. *Thorax.* 2017; 72(9): 788-795. doi:10.1136/thoraxjnl-2016-208910
2. Sanyal S., Rochereau T., Maesano C.N., Com-Ruelle L., Annesi-Maesano I. Long-term effect of outdoor air pollution on mortality and morbidity: a 12-year follow-up study for metropolitan France. *International Journal of Environmental Research and Public Health.* 2018; 15(11): 2487. doi:10.3390/ijerph15112487
3. Chen H., Kwong J.C., Copes R., Tu K., Villeneuve P.J., van Donkelaar A. et al. Living near major roads and the incidence of dementia, Parkinson's disease, and multiple sclerosis: a population-based cohort study. *Lancet.* 2017; 389(10070):718-726. doi: 10.1016/S0140-6736(16)32399-6
4. Prosviryakova I.A., Sheuchuk L.M. Hygienic assessment of impact of ambient air pollution by finely dispersed solid particles on population's health. *Medicina truda i ekologiya cheloveka.* 2018; 3(15): 28-32.
5. Address of the President of the Russian Federation to the Federal Assembly February 21, 2023 URL <http://kremlin.ru/events/president/transcripts/70565> (accessed 21.02.2023) (In Russ).
6. Ambient (outdoor) air pollution. *WHO Fact sheet.* URL [https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) (accessed 21.02.2023).
7. How air pollution is destroying our health. *WHO Newsroom.* URL <https://www.who.int/en/news-room/spotlight/how-air-pollution-is-destroying-our-health> (accessed 21.02.2023)
8. Kuklinska K., Jacek W., Namiesnik J. Air Quality Policy in the U.S. and the EU – A Review. *Atmospheric Pollution Research.* 2015; 6: 129-137. doi:10.5094/APR.2015.015
9. Nersesyan E.N., Bokeria S.A. Ecological initiatives of France. *Etnosocium i mezhnacional'naya kul'tura.* 2018; 5(119): 137-147. (In Russ).
10. Shkodinsky S. V., Rykova I. N., Yuryeva A. A. Experience of certain foreign countries in the field of reducing emissions into the atmospheric air. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta.. Series: Economics.* 2021; 4: 118-132. doi:10.18384/2310-6646-2021-4-118-132. (In Russ).
11. Lyzhin D.N. US Climate Policy: Challenges and Prospects for Global Leadership. *Problemy nacional'noj strategii.* 2021; 3(66): 221-245. doi: 10.52311/2079-3359_2021_3_221 (In Russ)
12. Zhang Z., Yan W., Chen Q., Zhou N., Xu Y. The relationship between exposure to particulate matter and breast cancer incidence and mortality: A meta-analysis. *Medicine (Baltimore).* 2019; 98(50): e18349. doi:10.1097/MD.00000000000018349

13. Akmal M., Hasnain N., Rehan A., Iqbal U., Hashmi S., Fatima K. et al. Glioblastome Multiforme: A Bibliometric Analysis. *World neurosurgery*. 2020; 136: 270-282. doi: 10.1016/j.wneu.2020.01.027
14. Hoffman A. F., Rodriguez Colon R., Diep G. K., Berman Z. P., Kimberly L. L., Trilles J. et al. Trends, Gaps, and Collaboration in Facial Transplantation: A Bibliometric Study. *Plastic and reconstructive surgery. Global open*. 2022; 10(4): e4248. doi: 10.1097/GOX.0000000000004248
15. Wang J., Wang X., Cai X., Pan D. Global trends and hotspots in IgA nephropathy: a bibliometric analysis and knowledge map visualization from 2012 to 2023. *International urology and nephrology*. 2023. Online ahead of print. doi: 10.1007/s11255-023-03598-x
16. Brandt J.S., Hadaya O., Schuster M., Rosen T., Sauer M.V., Ananth C.V. A Bibliometric Analysis of Top-Cited Journal Articles in Obstetrics and Gynecology. *JAMA Netw Open*. 2019; 2(12): e1918007. doi: 10.1001/jamanetworkopen.2019.18007
17. Yi F., Yang P., Sheng H. Tracing the scientific outputs in the field of Ebola research based on publications in the Web of Science. *BMC Res Notes*. 2016; 9: 221. doi:10.1186/s13104-016-2026-2
18. Van Eck N.J., Waltman L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*. 2010; 84(2): 523-538 doi:10.1007/s11192-009-0146-3
19. Ioannidis J.P. The Mass Production Of Redundant, Misleading, And Conflicted Systematic Reviews And Meta-Analyses. *The Milbank Quarterly*. 2016; 94(3): 485-514. doi:10.1111/1468-0009.12210
20. Dominski F.H., Branco J.H.L., Buonanno G., Stabile L., da Silva M.G., Andrade A. Effects of air pollution on health: A mapping review of systematic reviews and meta-analyses. *Environmental Research*. 2021; 201: 111487. doi:10.1016/j.envres.2021.111487
21. Sweileh W.M., Al-Jabi S.W., Zyoud S.H., Sawalha A.F. Outdoor air pollution and respiratory health: a bibliometric analysis of publications in peer-reviewed journals (1900–2017). *Multidisciplinary Respiratory Medicine*. 2018; 13: 15. doi:10.1186/s40248-018-0128-5
22. World Health Organization. WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Geneva: World Health Organization. 2021. 273 p. ISBN 978-92-4-003422-8. URL: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329> (accessed 20.04.2023)
23. Kamyshnikova I.V. Measures to improve the environmental situation in the city of Bratsk. *Proceedings of the Bratsk State University. Series: Natural and engineering sciences*. 2020; 1: 264-274 (In Russ)
24. On the state and protection of the environment of the Russian Federation in 2021. *State report*. Moscow: Ministry of Natural Resources of Russia; Moscow State University named after M.V. Lomonosov, 2022. - 684 p. (In Russian)
25. European Environment Agency. Air quality in Europe 2022. Web report URL <https://www.eea.europa.eu/www/SITE/publications/air-quality-in-europe-2022> (accessed 21.02.2023)

26. Goryushinsky V.S., Konyakhin V.I., Khrustalev A.I. Motor transport as a source of environmental pollution. *Vestnik sovremennyh issledovaniy*. 2018; 12.10(27): 112-114 (In Russ)
27. Bai L., Wang J., Ma X., Lu H. Air Pollution Forecasts: An Overview. *Int J Environ Res Public Health*. 2018; 15(4):780. doi: 10.3390/ijerph15040780
28. Chanchaeva E.A., Gvozdareva O.V., Gvozdarev A.Y. Air quality and children's health: the role of increasing transport-related and thermal air pollution. *Ekologiya cheloveka*. 2019; 11: 12-19. doi: 10.33396/1728-0869-2019-11-12-19 (In Russ)
29. Brumberg H.L., Karr C.J., Bole A., Ahdoot S., Balk S.J., Bernstein A.S. et al.; COUNCIL ON ENVIRONMENTAL HEALTH. Ambient Air Pollution: Health Hazards to Children. *Pediatrics*. 2021; 147(6): e2021051484. doi: 10.1542/peds.2021-051484
30. Bouza E., Vargas F., Alcázar B., Álvarez T., Asensio A., Cruceta G. et al. Air pollution and health prevention: A document of reflection. *Rev Esp Quimioter*. 2022; 35(4): 307-332. doi: 10.37201/req/171.2021

Поступила/Received: 22.02.2023

Принята в печать/Accepted: 19.04.2023

УДК 504.064-613.6

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В РАЙОНАХ ПАДЕНИЯ ОТДЕЛЯЮЩИХСЯ ЧАСТЕЙ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ

Зяблицкая А.Н.¹, Новикова И.И.², Щучинов Л.В.²

¹ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Алтай», Горно-Алтайск, Россия

²ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены», Новосибирск, Россия

Введение. Развитие космической отрасли определяет престиж страны и ее обороноспособность, способствует техническим достижениям и научным открытиям. Вместе с этим отмечается негативное влияние ракетно-космической деятельности на экологию, связанное с загрязнением окружающей среды отделяющимися частями ракет-носителей и токсичными компонентами ракетного топлива.

Цель исследования: обобщить данные эколого-гигиенического мониторинга Республики Алтай в районах падения отделяющихся частей ракет-носителей за 2011-2021 гг. для определения влияния космических запусков на экологическое состояние окружающей среды.

Материалы и методы. В ходе мониторинга были отобраны и лабораторно исследованы 2326 проб объектов окружающей среды на соответствие требованиям гигиенических нормативов, в том числе 657 проб на наличие несимметричного диметилгидразина (гептила) и продукта его распада – N-нитрозодиметиламина, относящихся к 1 классу токсической опасности. На маркеры загрязнения внешней среды ракетным топливом были исследованы 23 пробы приземного атмосферного воздуха, 157 проб снегового покрова, 231 проба воды открытых водоемов, 4 пробы питьевой воды из подземных источников водоснабжения, 243 пробы почвы, 3 образца мясных консервов.

Результаты. Выявлено наличие несимметричного диметилгидразина или N-нитрозодиметиламина в 7 пробах снега, 4 пробах воды открытых водоемов, 4 пробах питьевой воды, 2 пробах консервов из говядины. Все положительные пробы содержали токсиканты в концентрациях, которые были выше предельно допустимых, указанных в новых санитарных правилах и нормах СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

Выводы. Принимая во внимание ужесточение подходов к нормированию токсических соединений ракетного топлива и обнаружение 1,1-диметилгидразина и N-нитрозодиметиламина в жизненно важных средах (питьевая вода, мясные продукты), следует увеличить объемы мониторинговых исследований подводных вод и продуктов животного происхождения, а также проводить плановые клинические обследования людей, живущих в районах падения отработанных частей ракет-носителей.

Ключевые слова: экологический мониторинг, ракетно-космическая деятельность, районы падения, отделяющиеся части ракет-носителей, ракетное топливо, несимметричный диметилгидразин, N-нитрозодиметиламин, предельно допустимая концентрация, Республика Алтай.

Для корреспонденции: Щучинов Леонид Васильевич, к.м.н., ведущий научный сотрудник ФБУН «Новосибирский научно-исследовательский институт гигиены» Роспотребнадзора. e-mail: leo2106@mail.ru.

Для цитирования: Зяблицкая А.Н., Новикова И.И., Щучинов Л.В. Результаты проведения эколого-гигиенического мониторинга в районах падения отделяющихся частей ракет-носителей. Медицина труда и экология человека. 2023;4:82-94.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10406>

THE RESULTS OF ENVIRONMENTAL MONITORING IN THE FALL AREAS OF REMOVABLE PARTS OF LAUNCH ROCKETS

Zyablitskaya A.N.¹, Novikova I.I.², Shchuchinov L.V.²

¹Center for Hygiene and Epidemiology in the Altai Republic, Gorno-Altai, Russia

²Novosibirsk Research Institute of Hygiene, Novosibirsk, Russia

Introduction. The development of the space industry determines the prestige of the country and its defense capability, promotes technical achievements and scientific discoveries. At the same time, there is a negative impact of space activities on the environment, associated with environmental pollution by separated parts of launch vehicles and toxic components of rocket fuel.

The aim of the study was to summarize the data of environmental and hygienic monitoring of the Altai Republic in the areas of impact of the separating parts of launch vehicles between 2011 and 2021 to determine the impact of space launches on the ecological state of the environment.

Material and methods. During the monitoring, 2326 samples of environmental objects were taken for compliance with the requirements of hygienic standards, including 657 samples for the presence of a component of hydrazine fuel - unsymmetrical dimethylhydrazine (heptyl) and its decomposition product - N-nitrosodimethylamine, belonging to the 1st class of toxic hazard. 23 samples of surface atmospheric air, 157 samples of snow, 231 samples of water from open reservoirs, 4 samples of drinking water from underground water sources, 243 samples of soil, 3 samples of canned meat were examined for markers of environmental pollution by rocket fuel.

Results. The presence of unsymmetrical dimethylhydrazine or N-nitrosodimethylamine was found in 7 snow samples, 4 open water samples, 4 drinking water samples, 2 canned beef samples. All positive samples contained toxicants in concentrations above the maximum permissible, taking into account the norms of the new sanitary rules 1.2.3685-21 "Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans".

Keywords: environmental monitoring, space activities, separating parts of launch vehicles, rocket fuel, unsymmetrical dimethylhydrazine, N-nitrosodimethylamine, maximum permissible concentrations, the Altai Republic.

For citation: Zyablitskaya A.N., Novikova I.I., Shchuchinov L.V. The results of environmental monitoring in the fall areas of removable parts of launch rockets. *Occupational Health and Human Ecology*. 2023; 4:82-94.

For correspondence: Leonid V. Shchuchinov, Cand.Sc. (Medicine), leading researcher, Novosibirsk Research Institute of Hygiene. e-mail: leo2106@mail.ru.

Financing: the study had no financial support.

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

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10406>

Введение. Ракетно-космическая деятельность (РКД) в современной России имеет большое значение для обеспечения национальной безопасности страны и научно-технического прогресса. Развитие космической отрасли определяет престиж страны, ее обороноспособность, способствует техническим достижениям и научным открытиям.

Наряду с этим отмечается и негативное влияние РКД на экологию, в том числе связанное с загрязнением окружающей среды, как отделяющимися (отработанными) частями ракет-носителей (РН), так и токсичными компонентами ракетного топлива (КРТ), так как падение отработанных ступеней происходит на сушу, а не в океан.

Между Правительством Республики Алтай и Российским космическим агенством 27.10.2000 был заключен договор, по которому регион входит в число территорий РФ, где при запусках с космодрома Байконур ракет-носителей «Протон» и «Союз» происходит периодическое падение отделяющихся частей. В Республике Алтай выделено 3 района падения: №309 (45,1 кв. км), где приземляются вторые ступени РН «Союз» (использующие углеводородное топливо), №326 и №327 (3056 и 2198 кв. км), где приземляются фрагменты вторых ступеней РН «Протон» (использующие гидразинное топливо). В целом эта зона охватывает 6 из 11 административных территорий республики, но населенные пункты в районах падения отсутствуют.

Главной экологической угрозой, связанной с ракетно-космической деятельностью в Республике Алтай, является возможное загрязнение территорий приземления отработанных частей РН «Протон» ракетным топливом на основе несимметричного диметилгидразина (НДМГ, 1,1-диметилгидразин, гептил), а также токсичными продуктами его разложения: нитрозодиметиламином (НДМА), диметиламином (ДМА), тетраметилтетразеном (ТМТ), формальдегидом [1-5]. Несимметричный диметилгидразин и нитрозодиметиламин относятся к веществам 1 класса токсической опасности. Так, гептил отличается нервно-паралитическим, канцерогенным, кожно-раздражающим, эмбриотоксическим и гонадотоксическим действием. По токсичности он сопоставим с боевыми отравляющими веществами. Еще выше токсичность продукта окисления гептила – нитрозодиметиламина, обладающего общетоксическим действием и канцерогенным эффектом [6-13].

Особенно опасны аварийные ситуации [14]. Именно случай аварийного падения третьей ступени РН «Союз-У» и грузового космического корабля «Прогресс М-12М» 24.08.2011 на территорию Республики Алтай послужил поводом для резко возросшего интереса жителей республики и средств массовой информации к проблеме отрицательного

воздействия космического топлива на здоровье людей и окружающую среду. В этой ситуации быстро и грамотно действовала служба Роспотребнадзора по Республике Алтай. Сразу после получения информации об аварии специалистами службы были разработаны мероприятия по предупреждению вреда для жизни и здоровья людей: создана оперативная группа, проведено санитарно-гигиеническое обследование территории падения отработанных частей РН, определены точки отбора проб внешней среды, проведен забор 49 образцов воды и 18 образцов почвы, которые были исследованы на наличие несгоревшего ракетного топлива и продуктов его разложения в Испытательном лабораторном центре ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Алтайском крае», имеющем аккредитацию на эти виды исследований. Кроме этого, в пострадавших от аварии районах был введен мониторинг обращаемости населения за медицинской помощью. Анализ полученных результатов исследования проб внешней среды свидетельствовал об отсутствии в них НДМГ и НДМА, а данные мониторинга лиц, обратившихся за медицинской помощью, показали, что среди людей, проживающих в месте аварии, случаев острых токсических отравлений зарегистрировано не было.

Между тем беспокойство населения было вполне обосновано: по оценке экспертов, количество невыработанного гептила в топливных баках вторых ступеней РН «Протон» может составлять 500-800 кг [15], а всего с 2000 по 2010 годы (до введения мониторинга в Республике Алтай) с космодрома «Байконур» было проведено 94 запуска РН «Протон», при этом общий вес фрагментов ракет, упавших на территорию республики, составляет около 2000 тонн [16]. Учитывая интенсивность деятельности космической отрасли, реальную возможность загрязнения территории Республики Алтай продуктами отработанного ракетного топлива и небывалый общественный резонанс к проблеме, Правительством Республики Алтай было принято решение о введении с 2011 года эколого-гигиенического мониторинга окружающей среды и организации углубленных медицинских обследований здоровья населения, живущего в зоне падения отработанных фрагментов ракет-носителей, с широким оповещением его о результатах этих наблюдений. В последующий период (с 2011 по 2021 годы) формировалась и совершенствовалась база эколого-гигиенического мониторинга, расширялся перечень лабораторных исследований.

Цель исследования: обобщить данные эколого-гигиенического мониторинга Республики Алтай в районах падения отделяющихся частей ракет-носителей за 2011-2021 гг. для определения влияния космических запусков на экологическое состояние окружающей среды.

Материалы и методы исследования. Мониторинг организован на территории шести административных территорий, являющихся районами падения отделяющихся частей ракет-носителей. Отбор проб объектов окружающей среды в районах падения проводился в течение 24 часов после запуска космического аппарата, в труднодоступных южных районах – в течение 48 часов, так как специалисты санитарной службы Республики Алтай по соглашению с ФГУП «Центр эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры» (ФГУП «ЦЭНКИ») участвуют после запусков с космодрома «Байконур» РН «Протон-М» в совместных облетах районов падения отработанных частей РН.

Всего с 2011 по 2021 годы были отобраны и исследованы в испытательном лабораторном центре (ИЛЦ) ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Алтай» 2326 образцов окружающей среды на соответствие требованиям гигиенических нормативов (в том числе на наличие солей тяжелых металлов и нитратов): 586 проб воды открытых водоемов, 317 проб питьевой воды, 482 пробы почвы, 941 проба дикоросов (грибов, ягод, кедрового ореха) и овощей из огородов жителей. Кроме этого, проведено исследование 758 проб на наличие радионуклидов: 33 пробы воды, 76 проб почвы, 649 проб дикоросов.

Объекты окружающей среды на наличие гептила и продуктов его распада исследовали на трех лабораторных базах:

- в 2011 г. в ИЛЦ ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Алтайском крае» (г. Барнаул) методом хромато-масс-спектрометрии;

- в 2014-2021 гг. в ИЛЦ ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Алтай» методом хромато-масс-спектрометрии;

- в 2014-2021 гг. в лаборатории ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» (г. Пермь) гибридным методом - газовой хроматографии и масс-спектрометрии для количественного определения N-нитрозодиметиламина и N-нитрозодиэтиламина (согласно «Соглашению о взаимодействии между Управлением Роспотребнадзора по Республике Алтай и Федеральным бюджетным учреждением науки «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», 2013 год).

В рамках мониторинга были исследованы на наличие несимметричного диметилгидразина и его производных 657 образцов: 23 пробы атмосферного воздуха, 231 проба воды открытых водоемов, 4 пробы питьевой воды из подземных источников водоснабжения, 157 проб снегового покрова, 243 пробы почвы, 3 образца мясных консервов. Эти пробы также исследовались на определение содержания токсических химических элементов (нитратов, тяжелых металлов) и наличие радионуклидов.

Результаты. Эколого-гигиенический мониторинг базируется на лабораторном контроле концентраций загрязняющих веществ в природных средах (воздухе, воде, снежном покрове, почве, пищевых продуктах) для оценки их состояния и состояния окружающей среды в целом. В Республике Алтай при лабораторном исследовании 586 образцов воды открытых водоемов, 317 образцов питьевой воды, 482 образцов почвы, 941 пробы растительной продукции (лесные ягоды и орехи, овощей из огородов жителей) наличия химических экзотоксикантов не было обнаружено. Кроме этого, радиологический контроль не выявил превышения нормативов радиационной безопасности в 33 исследованных пробах воды, 76 пробах почвы, 649 пробах дикоросов.

Между тем маркерами загрязнения внешней среды компонентами ракетного топлива РН «Протон» являются несимметричный диметилгидразин и его метаболиты. Следует заметить, что в 2021 году были утверждены новые санитарные правила и нормы СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания», где требования к загрязнению изучаемыми токсикантами окружающей среды были ужесточены. В частности, если ранее

ПДК для гептила в воде, воздухе была 0,01 мг/дм³, то теперь – 0,0001 мг/дм³, то есть прежняя оценка воздействия ракетно-космической деятельности на состояние экологических систем должна быть пересмотрена.

Приземный атмосферный воздух в зоне возможного влияния РКД за анализируемый период отбирали в 14 населенных пунктах Майминского, Чемальского, Чойского, Турочакского и Улаганского районов, при этом контрольным районом являлся Кош-Агачский район, расположенный на удалении от районов падения РН. Было отобрано и исследовано гибридным методом (газовой хроматографии и масс-спектрометрии) 23 пробы воздуха. В 6 пробах атмосферного воздуха населенных пунктов Чемальского, Турочакского, Улаганского районов идентифицированы N-нитрозодиэтиламин и N-нитрозодифениламин, при этом токсических соединений (гептила и N-нитрозодиметиламина) в отмеченных пробах не было обнаружено, так как 1,1-диметилгидразин очень быстро распадается в воздушной среде – от 10 минут до нескольких часов [17].

В открытых водоемах несимметричный диметилгидразин подвергается биоразложению с образованием N-нитрозодиметиламина [18], поэтому при исследовании 231 пробы речной или озерной воды в 9 пробах (3,9%) обнаружен только N-нитрозодиметиламин, концентрации которого были от 0,00012 до 0,00765 мг/дм³, то есть выше предельно допустимой. Положительные пробы были отобраны из реки Бия и озера Телецкого (Турочакский район), из озер Чойского и Чемальского районов, реки Челушман и озера Ашпагай (Улаганский район).

При лабораторном исследовании методом хромато-масс-спектрометрии 4 проб питьевой воды, отобранных в Шебалинском и Турочакском районах, был обнаружен 1,1-диметилгидразин во всех пробах с вероятностью совпадения с библиотечным масс-спектром от 13% до 26% [19]. В этих же 4 пробах методом количественного хромато-масс-спектрометрического анализа в режиме селективного ионного мониторинга обнаружен N-нитрозодиметиламин в концентрациях от 0,00039 до 0,001 мг/дм³, то есть выше ПДК.

В зимнее время в районах падения отработанных частей РН было отобрано 157 образцов снега, при исследовании которых в 7 образцах (4,6%) было выявлено наличие 1,1-диметилгидразина с вероятностью совпадения с библиотечным масс-спектром 6–9% [19]. Положительные пробы снега были забраны в апреле 2018 и 2019 годов в Улаганском районе.

При лабораторном исследовании 243 образцов почвы, отобранных после пусков в зоне падения отработанных ступеней ракет, несимметричного диметилгидразина и токсичных продуктов его разложения не обнаружено.

Продукты растительного происхождения на наличие несимметричного диметилгидразина и его метаболитов не исследовались, потому что НДМГ и его производные в умеренных дозах не являются токсичными для растений и даже могут служить поставщиками азота, поскольку гептил вступает в реакцию с монодикарбоновыми кислотами, образуя бетаины, которые активно участвуют в азотистом обмене растений [20].

Из пищевых продуктов животного происхождения были исследованы 3 пробы мясных консервов (2 образца из мяса говядины и 1 образец мяса дикой птицы) из сел Шебалинского

и Турачакского района, где ранее было выявлено наличие в питьевой воде N-нитрозодиметиламина, при этом 2 пробы (консервы из говядины) были положительными.

Таблица 1

Результаты определения гептила и НДМА методом хромато-масс-спектрометрии в окружающей среде Республики Алтай

Table 1

The results of the determination heptyl and NDMA by chromato-mass spectrometry in the environment in the Altai Republic

Годы	Количество исследованных проб/из них положительных					
	Воздух	Вода открытых водоемов	Вода питьевая	Снег	Почва	Пищевые продукты
2011		49			18	
2014		21		34	36	
2015		28		41	29	
2016		10		26	36	
2017	23	34			33	
2018		20/2		22/4	14	
2019		48/2	4/4	18/3	45	3/2
2020		15			30	
2021		6		16	2	
ВСЕГО	23/0	231/4	4/4	157/7	243/0	3/2

В 2012 и 2013 годах исследования на несимметричный диметилгидразин и его метаболиты не проводились (пробы воды, почвы, воздуха, пищевых продуктов исследовались только на соответствие требованиям гигиенических нормативов, в том числе на наличие солей тяжелых металлов и нитратов).

Кроме лабораторных исследований объектов внешней среды, в период с 2011 по 2021 гг. в Республике Алтай отслеживалась обращаемость населения в медицинские организации на территории 6 районов, входящих в зону падения ступеней РН. Всплесков обращаемости в дни запусков ракет не зафиксировано, а среди получивших медицинскую помощь 3316 пациентов случаев острых токсических отравлений не зарегистрировано.

С целью информирования населения в прессе и на телевидении Республики Алтай было организовано регулярное оповещение людей о мониторинге санитарно-эпидемиологической обстановки и проводимой профилактической работе, что позволило снять социально-психологическое напряжение у жителей и сформировать адекватное отношение к ракетно-космической деятельности.

Обсуждение. В целом анализ научных статей, рассматривающих воздействие ракетно-космической деятельности в зонах падения вторых ступеней, показывает отсутствие компонентов ракетного топлива в приземном воздухе, почве, воде, снеге, растительных культурах при штатных ситуациях [21-26]. Сравнительное изучение районов падения первых и вторых ступеней ракет-носителя «Протон» показало, что участки химического загрязнения снега выявляются только в районах падения первых ступеней, при условии, что отбор проб проводится на расстоянии не более 10 м от упавших фрагментов [14, 23].

Наряду с этим в недавно опубликованных источниках, рассматривающих ситуацию в Республике Алтай [18, 27], было показано, что внешняя среда загрязнена компонентами ракетного топлива в остаточных количествах, и был сделан вывод об относительной безопасности экологической ситуации на основании того, что концентрации несимметричного диметилгидразина и его производных в исследованных пробах объектов внешней среды не превышали гигиенических нормативов (действующих на тот момент). Но ввиду пересмотра предельно допустимых концентраций в 2021 году, этот вывод следует теперь признать не отвечающим современным требованиям: скрининговые исследования по определению компонентов ракетного топлива обнаружили наличие гептила и продуктов его распада в подземных водах и воде открытых водоемов, пищевых продуктах животного происхождения в концентрациях, которые были выше предельно допустимых.

В целом следует отметить, что с 2017 года расширился перечень исследуемых объектов окружающей среды (добавились пробы снега, подземных вод, продуктов питания животного происхождения). Причем эти исследования показали наличие НДМГ или НДМА в жизненно важных средах (питьевой воде и мясе), что свидетельствует о необходимости в дальнейшем существенно увеличить объемы исследований подземных вод, используемых для питья, и пищевых продуктов животного происхождения (молока, мяса, рыбы, птицы, яиц) для количественного определения маркеров ракетно-космического топлива, учитывая животноводческую специализацию региона и традиционные пищевые привычки жителей с акцентом на употребление мяса.

Выводы

1. Данные экологического мониторинга показали присутствие гептила и продуктов его распада в подземных водах, воде открытых водоемов и пищевых продуктах в количествах, превышающих установленную предельно допустимую концентрацию.
2. Следует увеличить объем исследований питьевой воды и пищевых продуктов животного происхождения (мяса, рыбы, птицы) для количественного определения маркеров ракетно-космического топлива, учитывая специализацию региона (животноводство) и пищевые привычки жителей, являющихся в массе мясоедами.

3. Необходимо продолжить мониторинг здоровья населения, проживающего в районах падения отработанных частей ракет-носителей.

Список литературы:

1. Бурков В.А. Проблемы эксплуатации районов падения РН на территории Томской области. В кн.: Материалы научно-технической конференции «Проблемные вопросы открытия и эксплуатации трасс запусков космических аппаратов, баллистического и метеорологического обеспечения пусков ракет-носителей». М.: ЦЭНКИ, 2010.
2. Двуреченский А.И., Авдошкин В.В. Проблемы эксплуатации районов падения отделяющихся частей РН. *Мир науки, культуры, образования*. 2010; 5: 247-248.
3. Ефременков А.А. Основные направления работ по обеспечению экологической безопасности в районах падения отделяющихся частей ракет и ракет-носителей. *Мир науки, культуры, образования*. 2010; 5: 248–249.
4. Спицын А.Г. Проблемы глобальной экологии в мировой политике XXI века. Вестник Московского государственного лингвистического университета. 2014; (23): 174-185.
5. Schmidt E.W. Hydrazine and its Derivatives. New York: John Wiley & Sons; 2001.
6. Белов А.А. К вопросу о токсичности и опасности гидразина и его производных. *Современные проблемы токсикологии*. 2000; 1: 25-33.
7. Братков А.А., Серегин Е.П., Горенков А.Ф. Химмотология ракетных и реактивных топлив. М.: Химия, 1987.
8. Кричевский С.В. Экологическая политика и экологическая безопасность ракетно-космической деятельности (методологические и практические аспекты). *Конверсия в машиностроении*. 2006; 2: 32-36.
9. Мешков Н.А., Вальцева Е.А. Эпидемиолого-гигиеническая оценка влияния последствий ракетно-космической деятельности на здоровье населения. *Мир науки, культуры, образования*. 2010; 5: 260-262.
10. Онищенко Г.Г. Влияние состояния окружающей среды на здоровье населения. Нерешенные проблемы и задачи. *Гигиена и санитария*. 2003; 82(1): 3-10.
11. Choudhary G., Ilansen H., Donkin S., Kirman C. Toxicological profile for hydrazines. US Dep. Health Hum. Serv. 1997; 5: 1-185.
12. Carlsen L., Kenessov B.N., Batyrbekova S.Y., Kolumbaeva, S.; Shalakhmetova, T.M. Assessment of the mutagenic effect of 1,1-dimethyl hydrazine. *Environ. Toxicol. Pharmacol.* 2009; 28: 448-452.
13. Kenessov B., Alimzhanova M., Sailaukhanuly Ye., Baimatova N., Abilev M., Batyrbekova S., et al. Transformation products of 1,1-dimethylhydrazine and their distribution in soils of fall places of rocket carriers in Central Kazakhstan. *Sci. Total. Environ.* 2012; 427-428: 78-85. DOI: <https://10.1016/j.scitotenv.2012.04.017>
14. Koroleva T.V., Semenov I.N., Sharapova A.V., Krechetov P.P., Lednev S.A. Ecological consequences of space rocket accidents in Kazakhstan between 1999 and 2018. *Environ. Poll.* 2021; 268:115711. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115711>

15. Кручинин Н.А., Половцев С.В., Глухарев И.И. Новые физико-химические методы снижения токсического воздействия при падении отделяющихся частей ракет. *Двойные технологии*. 2001; 3: 21-25.
16. Робертус Ю.В., Пузанов А.В., Любимов Р.В., Архипов И.А., Горбачев И.В. Анализ распределения фрагментов отделяющихся частей ракетносителей «Протон» на территории Республики Алтай. *Мир науки, культуры, образования*. 2013; 2(39): 314-317.
17. Буряк А.К., Татаурова О.Г., Ульянов А.В. Исследование продуктов трансформации несимметричного диметилгидразина на модельных сорбентах методом газохроматографии/масс-спектрометрии. *Масс-спектрометрия*. 2004; 1(2): 147-152.
18. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Toxicological Profiles. DOI: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiledocs/index.html>
19. Алексеев В.Б., Уланова Т.С., Нурисламова Т.В., Попова Н.А., Мальцева О.А. Хромато-масс-спектрометрическая идентификация несимметричного диметилгидразина и его производных в объектах окружающей среды и биологических средах населения, проживающего вблизи районов падения отделяющихся частей ракет-носителей. *Гигиена и санитария*. 2020; 99(8): 773-779. DOI: <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-8-773-779>
20. Ермаков Е.И., Панова Г.Г., Петрова З.М., Остапенко В.С., Бойцова Л.В. Влияние несимметричного диметилгидразина на состояние почвенно-растительной системы. В кн.: Экологические аспекты воздействия компонентов жидких ракетных топлив на окружающую среду. Материалы научно-практической конференции. Санкт-Петербург: РНЦ «Прикладная химия», 1996: 15-19.
21. Архипов И.А. Оценка воздействия ракетно-космической деятельности на экосистемы Алтае-Саянской горной страны (1998-2010 годы). *Мир науки, культуры, образования*. 2010; 5: 263-265.
22. Филиппов В.Л., Криницын Н.В., Филиппова Ю.В., Нечаева Е.Н. Методические подходы установления причинно-следственных связей возможного влияния факторов ракетно-космической деятельности на здоровье населения. *Мир науки, культуры, образования*. 2010; 5(24): 265-267.
23. Семенов И.Н., Шарапова А.В., Королева Т.В., Клинк Г.В., Кречетов П.П., Леднев С.А. Азотсодержащие вещества в снеге районов падения ступеней ракеты-носителя «Протон» в 2009–2019 гг. *Лед и Снег*. 2021; 61(2): 301-310. DOI: <https://doi.org/10.31857/S2076673421020090>
24. Королева Т.В., Шарапова А.В., Кречетов П.П. Химический состав снега на территориях, подверженных воздействию ракетно-космической деятельности (Республика Алтай). *Гигиена и санитария*. 2017; 5: 432-437. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-5-432-437>
25. Koroleva T.V., Krechetov P.P., Semenov I.N., Sharapova A.V., Lednev S.A., Karpachevskiy A.M., et al. The environmental impact of space transport. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 2018; 58: 54-69. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.10.013>

26. Sharapova A.V., Semenov I.N., Koroleva T.V., Krechetov P.P., Lednev S.A., Smolenkov A.D. Snow pollution by nitrogen-containing substances as a consequence of rocket launches from the Baikonur Cosmodrome. *Science of the Total Environment*. 2020; 709: 136072. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136072>.
27. Нурисламова Т.В., Алексеев В.Б., Уланова Т.С., Мальцева О.А. Хромато-масс-спектрометрическая идентификация несимметричного диметилгидразина и N-нитрозодиметиламина. *Гигиена и санитария*. 2021; 100(5): 422-427. DOI: <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-5-422-427>

References:

1. Burkov V.A. Problems of exploitation of the regions of the fall of the launch vehicle on the territory of the Tomsk region. In: Proceedings of the Scientific and Technical Conference "Problem Issues of Opening and Operation of Spacecraft Launch Routes, Ballistic and Meteorological Support for Launch Vehicles". Moscow: TsENKI; 2010. (In Russ)
2. Dvurechenskiy A.I., Avdoshkin V.V. Actual management of drop zones for carrier rockets. *Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya*. 2010; 5: 247-248. (In Russ)
3. Efremenkov A.A. The basic directions of works on maintenance of ecological safety in areas of falling of separating parts of rockets and carrier rockets. *Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya*. 2010; 5: 248-249. (In Russ)
4. Spitsyn A.G. Problems of global ecology in world politics of the XXI century. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo lingvisticheskogo universiteta*. 2014; 23: 174-185. (In Russ)
5. Schmidt E.W. Hydrazine and its Derivatives. New York: John Wiley & Sons. 2001.
6. Belov A.A. On the question of the toxicity and hazards of hydrazine and its derivatives. *Sovremennye problemy toksikologii*. 2000; 1: 25-33. (In Russ)
7. Bratkov A.A., Seregin E.P., Gorenkov A.F. *Chemmotology of rocket and jet fuels*. Moscow: Chemistry; 1987. (In Russ)
8. Krichevskiy S.V. Ecological policy and ecological safety of rocket-space activity (methodological and practical aspects). *Konversiya v mashinostroenii*. 2006; 2: 32-36. (In Russ)
9. Meshkov N.A., Valtseva E.A. Epidemiological and hygienic assessment of the impact of the consequences of rocket and space activities on public health. *Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya*. 2010; 5: 260-262. (In Russ)
10. Onishchenko G.G. Influence of the environment state on the health of the population. unsolved problems and tasks. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2003; 82(1): 3-10. (In Russ)
11. Choudhary G., Ilansen H., Donkin S., Kirman C. Toxicological profile for hydrazines. *US Dep. Health Hum. Serv.* 1997; 5: 1-185.
12. Carlsen L., Kenessov B.N., Batyrbekova S.Y., Kolumbaeva, S.; Shalakhmetova, T.M. Assessment of the mutagenic effect of 1,1-dimethyl hydrazine. *Environ. Toxicol. Pharmacol.* 2009; 28: 448-452.

13. Kenessov B., Alimzhanova M., Sailaukhanuly Ye., Baimatova N., Abilev M., Batyrbekova S., et al. Transformation products of 1,1-dimethylhydrazine and their distribution in soils of fall places of rocket carriers in Central Kazakhstan. *Sci. Total. Environ.* 2012; 427-428:78-85. DOI: <https://10.1016/j.scitotenv.2012.04.017>
14. Koroleva T.V., Semenov I.N., Sharapova A.V., Krechetov P.P., Lednev S.A. Ecological consequences of space rocket accidents in Kazakhstan between 1999 and 2018. *Environ. Poll.* 2021; 268:115711. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115711>
15. Kruchinin N. A., Polovtsev S. V., Glukharev I. I. New physical and chemical methods for reducing the toxic effect during the fall of the separating parts of rockets. *Dvoynyye tekhnologii.* 2001; 3: 21-25. (In Russ)
16. Robertus Yu.V., Puzanov A.V., Lyubimov R.V., Arkhipov I.A., Gorbachev I.V. Analysis of fragments separated parts of carrier rockets «Proton» in Altai Republic. *Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya.* 2013; 2(39): 314-317. (In Russ)
17. Buryak A.K., Tataurova O.G., Ul'yanov A.V. Investigation of the transformation products of unsymmetrical dimethylhydrazine in model sorbents by gas chromatography/mass spectrometry. *Mass-spektrometriya.* 2004; 1(2): 147-152. (In Russ)
18. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Toxicological Profiles. DOI: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiledocs/index.html>
19. Alekseev V.B., Ulanova T.S., Nurislamova T.V., Popova N.A., Maltseva O.A. Chromato-mass spectrometric identification of asymmetric dimethylhydrazine and its derivatives in environmental objects and biological media in the population residing near the fall areas of separated rocket vehicles parts. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal).* 2020; 99(8): 773-779. DOI: <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-8-773-779> (In Russ)
20. Ermakov E.I., Panova G.G., Petrova Z.M., Ostapenko V.S., Boitsova L.V. Influence of unsymmetrical dimethylhydrazine on the state of the soil-vegetative system. Ecological aspects of the impact of components of liquid rocket fuels on the environment. *Materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Sankt-Peterburg: RNTS «Prikladnaya khimiya», 1996: 15-19.* (In Russ)
21. Arkhipov I.A. Assessment of the impact of rocket and space activities on the ecosystems of the Altai-Sayan mountainous country (1998-2010). *Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya.* 2010; 5: 263-265. (In Russ)
22. Filippov V.L., Krinitsyn N.V., Filippova Yu.V., Nechaeva E.N. Methodological approaches to establishing cause-and-effect relationships of the possible influence of rocket and space activity factors on public health. *Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya.* 2010; 5(24): 265-267. (In Russ)
23. Semenov I.N., Sharapova A.V., Koroleva T.V., Klink G.V., Krechetov P.P., Lednev S.A. Nitrogen-containing substances in the snow of the fall areas of the Proton launch vehicle stages in 2009–2019. *Ice and Snow.* 2021; 61(2): 301-310. DOI: <https://doi.org/10.31857/S2076673421020090> (In Russ)
24. Koroleva T.V., Sharapova A.V., Krechetov P.P. A chemical composition of snow on areas exposed to space-rocket activities pollution (Altai Republic). *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and*

- Sanitation, Russian journal*). 2017; 96(5): 432-437. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-5-432-437> (In Russ.)
25. Koroleva T.V., Krechetov P.P., Semenov I.N., Sharapova A.V., Lednev S.A., Karpachevskiy A.M., et al. The environmental impact of space transport. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 2018; 58: 54-69. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.10.013>. (In Russ)
26. Sharapova A.V., Semenov I.N., Koroleva T.V., Krechetov P.P., Lednev S.A., Smolenkov A.D. Snow pollution by nitrogen-containing substances as a consequence of rocket launches from the Baikonur Cosmodrome. *Science of the Total Environment*. 2020; 709: 136072. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136072>.
27. Nurislamova T.V., Alekseev V.B., Ulanova T.S., Maltseva O.A. Chromato-mass-spectrometric identification of unsymmetrical dimethylhydrazine and N-nitrosodimethylamine. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2021; 100(5): 422-427. DOI: <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-5-422-427> (In Russ)

Поступила/Received: 06.06.2023

Принята в печать/Accepted: 26.09.2023

УДК 504.75.05: 616-006(1-21)

**ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАНЦЕРОГЕННЫХ РИСКОВ И
АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ НА ОНКОЛОГИЧЕСКУЮ ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ
НАСЕЛЕНИЯ КРУПНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ГОРОДА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)**

Салигаскаров И.И.¹, Бакиров А.Б.^{1,3,4}, Степанов Е.Г.^{1,2}

¹ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», Уфа, Россия

²ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»,
Уфа, Россия

³ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России,
Уфа, Россия

⁴Академия наук Республики Башкортостан, Уфа, Россия

Аннотация. В связи с активным ростом выявления злокачественных опухолей на территории Российской Федерации и тем фактом, что окружающая среда оказывает значительное влияние на состояние организма, необходимо уделять внимание возможным факторам риска, обусловленным антропогенным влиянием, и своевременному их исключению. В статье рассматриваются вопросы наличия в крупных промышленных городах факторов среды обитания, которые могут влиять на увеличение количества случаев онкологических заболеваний.

Ключевые слова: здоровье, онкологические заболевания, факторы окружающей среды, загрязнение атмосферы, канцерогенные вещества в атмосфере, канцерогенные вещества в воде, радиационная обстановка, крупные промышленные города, канцерогенный риск.

Для цитирования: Салигаскаров И.И., Бакиров А.Б., Степанов Е.Г. Гигиеническая оценка канцерогенных рисков и анализ влияния факторов среды обитания на онкологическую заболеваемость населения крупного промышленного города (обзор литературы). Медицина труда и экология человека. 2023;4:95-107.

Для корреспонденции: Салигаскаров И.И., ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», аспирант, e-mail: silgiz862@gmail.com.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10407>

**HYGIENIC ASSESSMENT OF CARCINOGENIC RISKS AND ANALYSIS OF THE IMPACT OF
ENVIRONMENTAL FACTORS ON THE ONCOLOGICAL MORBIDITY OF THE POPULATION OF A
LARGE INDUSTRIAL CITY (LITERATURE REVIEW)**

Saligaskarov I.I.¹, Bakirov A.B.^{1,3,4}, Stepanov E.G.^{1,2}

¹Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, Ufa, Russia

²Ufa State Petroleum Technical University, Ufa, Russia

³Bashkirian State Medical University of the Russian Health Ministry, Ufa, Russia

⁴Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan, Ufa, Russia

Introduction. Due to the active increase in the detection of malignant tumors in the Russian Federation and the fact that the environment has a significant impact on the body state, it is necessary to pay attention to possible risk factors caused by anthropogenic influence and their timely exclusion. The article discusses the issues of the presence of environmental factors in large industrial cities that can cause the increase in the number of cancer cases.

Keywords: health, oncological diseases, environmental factors, atmospheric pollution, carcinogenic substances in the atmosphere, carcinogenic substances in water, radiation situation, large industrial cities, carcinogenic risk.

For citation: Saligaskarov I.I., Bakirov A.B., Stepanov E.G. Hygienic assessment of carcinogenic risks and analysis of the impact of environmental factors on the oncological morbidity of the population of a large industrial city (literature review). *Occupational Health and Human Ecology*. 2023; 4:95-107.

For correspondence: Saligaskarov I.I. Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, postgraduate student, e-mail: silgiz862@gmail.com

Financing: the study had no financial support

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

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10407>

Здоровье человека – это показатель, состояние которого зависит от большого количества факторов. В перечень данных факторов входят стрессы, наследственность, режим дня и количество физической активности, питание и состояние окружающей среды населенного пункта, в котором проживает человек. Установлено, что состояние здоровья человека зависит от состояния окружающей среды на 20 – 25%. Окружающая среда – это система взаимосвязанных природных и антропогенных факторов, объектов и явлений. Человек является частью данной системы, поэтому как он сам, так и система, могут оказывать друг на друга влияние. Во многом именно из-за воздействия человека на окружающую среду возникают неблагоприятные условия, провоцирующие ряд заболеваний [1].

Прогноз Всемирной организации здравоохранения на 2024 год предвещает достижение количества онкологических больных в 16 миллионов человек. Прогноз на ежегодную смертность от злокачественных опухолей говорит о том, что к 2030 году данная статистика увеличится на 30% [2].

Статистика по онкологическим заболеваниям в Российской Федерации на период первого и второго квартала 2023 года гласит: выявлено 116 тысяч случаев возникновения злокачественных новообразований. Однако полной картины за 2023 год еще нет, поэтому прирост определить нельзя. Однако статистические данные за 2022 год говорят о имеющемся приросте в 7,6% выявления злокачественных опухолей по сравнению с 2021 годом. Это обуславливает актуальность анализа и контроля всех факторов канцерогенности, в том числе и состояния окружающей среды [3]. Статистика по распространению

злокачественных заболеваний на территории России подтверждает рост распространения злокачественных опухолей по стране в 2022 году в сравнении с предыдущими (рис. 1) [4].

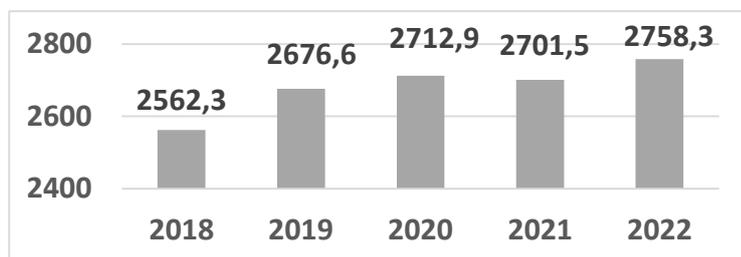


Рис. 1. Распространенность злокачественных образований в Российской Федерации в 2018-2022 гг. (численность контингента больных на 100 тыс. населения)

Fig. 1. The prevalence of malignant neoplasms in the Russian Federation between 2018 and 2022 (the number of patients per 100 thousand population)

Антропогенные факторы оказывают влияние на окружающую среду и затем, следовательно, на человека посредством следующих каналов:

- загрязнение атмосферы посредством большого количества выхлопных газов от автотранспорта, выбросов в атмосферу промышленных предприятий в процессе сжигания отходов;

- загрязнение гидросферы посредством промышленных и бытовых сбросов в открытые водоемы, несанкционированных свалок, а также неправильно оборудованных полигонов твердых бытовых и промышленных отходов, фильтрат которых попадает в подземные воды;

- загрязнение литосферы посредством загрязнения почв промышленными и бытовыми отходами, добычи полезных ископаемых [5].

Для человека на основании негативного антропогенного воздействия существуют следующие факторы риска: химические, физические, биологические. К химическим факторам риска относят воздействие химических веществ, к физическим – излучение, высокие и низкие температуры, к биологическим – простейшие и вирусы [6].

В Российской Федерации около 73% человек от общего количества населения проживают в неблагоприятных экологических условиях, характеризующихся превышением предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосфере, воде и почве [7].

Ситуация неутешительна, состояние окружающей среды ухудшается, так как количество выбросов и сбросов в объекты окружающей среды растет с каждым годом совместно с увеличением количества населения страны, ростом потребностей человечества. Для прогнозирования состояния здоровья жителей страны необходимо ежегодно

анализировать состояние окружающей среды, отмечая превышения предельно допустимых значений по концентрации веществ, являющихся канцерогенами [8].

Канцерогенными веществами принято считать те, что имеют свойство провоцировать злокачественные новообразования у живых организмов [9]. В данной работе будет рассмотрена оценка таких канцерогенных факторов в условиях крупного промышленного города, как степень загрязнения атмосферного воздуха, качество питьевой воды и радиационная обстановка.

Механизм развития рака в целом представляет собой цепочку, начинающуюся с взаимодействия канцерогена и дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК). Общая схема процесса представлена на рисунке 2 [10].



Рис. 2. Схема механизма возникновения опухоли под действием канцерогена

Fig. 2. Diagram of the mechanism of tumor occurrence under the action of a carcinogen

Соответственно, канцерогенное влияние загрязняющих веществ приводит к повреждению структуры ДНК. Отсюда вытекает и то, что процесс развития (или же его отсутствие) онкологии будет зависеть от природы канцерогена, его свойств, времени воздействия и механизмов защиты организма [11]. Кроме того, влияние на процесс развития опухоли вследствие воздействия канцерогенов зависит от половых и индивидуальных генетических особенностей организма [12].

Как правило, высокому канцерогенному риску подвергаются жители городов, где находятся предприятия I и II классов опасности по санитарной классификации. В особенности это касается, например, горно-обогатительных комбинатов, где канцерогенный риск может в десятки раз превышать допустимые значения. Однако и предприятия более низкого класса опасности также могут образовать в атмосфере опасную концентрацию канцерогенов [13].

Некоторые авторы считают, что атмосферный воздух является основным «способом» передачи канцерогенных загрязняющих веществ человеку. Загрязнение атмосферного воздуха также является тем фактором, который в наибольшей степени зависит от погодных условий. Погодные условия могут обеспечить распространение загрязнений по территории всего города, за городом [14].

Загрязняющие вещества, содержащиеся в выхлопных газах автомобильного транспорта, выбросах промышленных предприятий, попадая в атмосферный воздух, распространяются по компонентам ландшафта в зависимости от скорости ветра, розы ветров, температурной инверсии, турбулентного обмена воздушных масс и влажности [15]. Например, при повышенной температуре воздуха наблюдается повышение концентрации химических веществ в воздухе. Отсутствие ветра влияет на то, что загрязняющие вещества, попавшие в выбросы, будут концентрироваться в больших объемах преимущественно на близлежащей территории к источнику выброса, что может обеспечить превышение предельно допустимой концентрации в десятки раз [16].

Большинство канцерогенов в атмосферном воздухе относятся к химическим. Химические канцерогены подразделяются на несколько типов в зависимости от воздействия на организм:

1. вещества местного воздействия, которые вызывают злокачественные новообразования непосредственно на месте контакта;
2. вещества, которые вызывают злокачественные новообразования в различных органах;
3. вещества, провоцирующие возникновение опухолей преимущественно в определенных системах организма [17].

В организм человека загрязняющие вещества из атмосферного воздуха поступают ингаляционным путем, в то же время канцерогены из водопроводной воды имеют пути поступления в организм человека также перорально и наочно [18].

Исследования показывают, что некоторые формы злокачественных заболеваний находятся во взаимосвязи с концентрациями в атмосферном воздухе канцерогенных элементов. Как правило, присутствие данных элементов в атмосферном воздухе в высоких концентрациях провоцировало злокачественные опухоли органов дыхания [19]. Исследования, начатые с работ советских ученых, говорят о содержании в выхлопных газах автомобилей канцерогенных веществ. Автомобильный транспорт на сегодняшний день лидирует в вопросах загрязнения атмосферы крупных городов. В состав выхлопных газов входят такие вещества, как оксиды азоты и углерода, альдегиды, диоксид серы. В том числе и канцерогены – сажа, бенз/а/пирен. Сажа является многокомпонентной смесью, содержащей в т.ч. и тяжелые металлы [20].

Канцерогенность выхлопных газов и промышленных выбросов – факт доказанный. Некоторые исследователи утверждают, что при рождении женщиной первого ребенка загрязнения атмосферного воздуха нефтехимической промышленности обеспечивают повышение риска формирования злокачественного образования молочной железы в период перед менопаузой [21].

Отдельные исследования доказывают, что ключевыми элементами, содержание которых в атмосферном воздухе увеличивает риск онкологических заболеваний, являются полициклические ароматические углеводороды. В большинстве случаев влияние бенз/а/пирена сопровождается развитием злокачественных образований в легких. Бенз/а/пирен и его содержание в окружающей среде во многих исследовательских работах

называется ключевым показателем канцерогенной нагрузки на человека в условиях промышленного города [22].

Кроме того, бенз/а/пирен автомобильных выхлопов имеет свойство накапливаться в жировых тканях, а также внедряться в комплекс ДНК человека. Таким образом, существует риск возникновения мутаций у последующих поколений при взаимодействии организма с автомобильными выхлопами [23].

Результаты исследований показывают, что негативные последствия канцерогенного эффекта бен/а/пирена и сажи могут проявиться во временной период до 7 лет, то есть имеет место быть эффект, называемый «бомбой замедленного действия», что подтверждают данные о наличии сильной корреляционной зависимости между среднесуточными концентрациями бенз/а/пирена в атмосферном воздухе и статистикой выявления злокачественных образований легкого, желудка у мужчин и женщин в последующие годы [24, 25]. Кроме того, существуют данные о том, что для женщин характерно выявление злокачественных опухолей кожи, щитовидной железы и яичников в зависимости от наличия превышения концентрации бенз/а/пирена в атмосферном воздухе [26]. Другие авторы утверждают, что бен/а/пирен преимущественно поражает органы дыхательной системы, кожи и желудок [27].

Что касается канцерогенов в выбросах промышленных предприятий, то это зависит от сферы деятельности предприятий. Нефтеперерабатывающие заводы совместно с выбросами загрязняют атмосферу канцерогенами: бенз/а/пирен, формальдегид, этилбензол, свинец, никель и кадмий [28]. Расположение в черте городов предприятий металлургической промышленности гарантирует повышенный канцерогенный вклад в содержание в воздухе загрязняющих веществ. Например, металлургические предприятия на территории Кузбасса выбрасывают до 79% всех загрязняющих веществ. Данные предприятия выбрасывают в основном оксиды азота, железа, углерода и серы, бенз/а/пирен [29].

Промышленные выбросы не меньше автомобильных могут оказывать влияние на развитие рака дыхательной системы, злокачественные опухоли легкого возникают в большей степени у людей, которые проживают в местах концентрации промышленных выбросов с канцерогенами 1 группы: кадмий, никель, формальдегид, бензол и так далее [30].

С. А. Бабанов и др. указывают на то, что промышленные выбросы с тяжелыми металлами также провоцируют возникновение злокачественных заболеваний. Например, кадмий и его соединения при долгом воздействии выбросов провоцируют злокачественные новообразования легкого, предстательной железы и мочеполовых путей. Опухоли предстательной железы возникают и при воздействии хрома и его соединений, кроме того, хром провоцирует саркому мягких тканей [26].

На сегодняшний день радиационное излучение также относится к группе факторов, способных провоцировать онкологическое заболевания в условиях крупных промышленных городов. Исследования доказывают, что природные и антропогенные радионуклиды вызывают образование злокачественных опухолей. Даже в маленьких концентрациях, радиация может быть канцерогенной для мягких тканей, в особенности слюнных желез или

щитовидной железы. Предполагается, что ионизирующее излучение провоцирует рак и у детей, находящихся в утробе, и способно привести к развитию острого лимфолейкоза у ребенка [31].

Источниками радиации в крупных промышленных городах может выступать следующее:

- естественная радиация (первичное и вторичное космическое излучение, солнечная радиация, излучение от горных пород, радон);
- внешнее облучение от строительных материалов, АЭС, промышленных отходов, медицинского и научно-исследовательского оборудования;
- внутреннее облучение при употреблении продуктов питания, содержащих радионуклиды [32].

В нескольких исследованиях канцерогенные риски в крупных промышленных городах исследователи связывают с качеством питьевой воды. Многочисленные исследования в прошедшие десятилетия на территории Российской Федерации показывают, что некоторые канцерогенные вещества, в данном случае хлорсодержащие органические соединения, находящиеся в воде в повышенных концентрациях, могут оказывать следующие последствия: нарушение фильтрационной функции почек, дисбаланс оксидантных и антиокислительных реакций в организме, нарушение регуляции процессов возбуждения и торможения в центральной нервной системе и так далее. Перечисленные изменения могут в несколько раз увеличить риск возникновения злокачественных заболеваний [33].

Риск злокачественных новообразований повышается при употреблении питьевой воды с большим содержанием нитратов в определенных условиях. Доказано, что у лиц, страдающих от проявлений цистита, нитраты способны вызывать злокачественные образования мочевого пузыря. Это достигается за счет перехода нитратов в нитриты под действием микроорганизмов, влияющих на образовательный процесс [34]. Существуют данные о наличии корреляционной связи между превышением концентрации азота и аммиака в питьевой воде крупных городов и выявлением злокачественных заболеваний в почках у населения. Встречаются также данные о выявлении отрицательной корреляционной связи между развитием злокачественных заболеваний и превышением в воде показателей железа [35].

В группе риска особенно находятся населенные пункты, использующие поверхностные источники для хозяйственно-питьевого водоснабжения, так как в воду могут свободно попадать нефтепродукты, тяжелые металлы, бензол, галогенсодержащие органические соединения. В поверхностные и подземные воды могут попадать канцерогены с близлежащих сельскохозяйственных полей или участков внутри города, где применяются удобрения и средства для защиты растений [36,37].

В условиях городской среды может также наблюдаться загрязнение канцерогенами почв, в большинстве случаев речь идет о тяжелых металлах. Источниками поступления тяжелых металлов в почвы может быть автотранспорт, промышленные предприятия машиностроения, свалки. Тяжелые металлы могут накапливаться в растениях, мигрировать в почвенных слоях, однако в условиях города, как правило, загрязнение почвы

не рассматривается в качестве потенциально опасного канцерогенного фактора для человека [38, 39]. Это наиболее опасно для сельскохозяйственных земель, так как механизмы распространения тяжелых металлов в окружающей среде способствуют их попаданию в растительные продукты питания, которые произрастают на загрязненных почвах. При употреблении таких продуктов тяжелые металлы могут попасть по пищевой цепочке в организм человека. Поэтому именно в случае изучения сельскохозяйственных земель имеет место быть учет данного фактора [40].

Заключение. Таким образом, экологическая ситуация в условиях промышленного города на сегодняшний день характеризуется загрязнением объектов окружающей среды различными факторами, некоторые из которых являются канцерогенами. Рост промышленности, использование человеком различных ресурсов во многом предопределило воздействие со стороны антропогенных факторов не только на природу, но и на собственное здоровье. Основными факторами окружающей среды в крупных промышленных городах, которые могут обладать канцерогенностью по отношению к человеческому организму, являются: загрязнение атмосферы, источников водоснабжения, радиационная обстановка. Загрязнение атмосферы происходит посредством выброса большого количества автомобильных выхлопных газов, а также промышленных выбросов. Выбросы могут содержать химические вещества и тяжелые металлы, при длительном контакте с которыми в условиях повышенных концентраций могут возникать предпосылки для развития раковых опухолей. Аналогичная ситуация происходит и с питьевой водой. Ненадлежащее качество воды, обусловленное превышением предельно допустимых концентраций по канцерогенным веществам, приводит к злокачественным новообразованиям. Кроме того, литературный обзор показал, что веществам необязательно был канцерогенами для провоцирования рака, для этого необходимо лишь превышение нормативов концентрации некоторых веществ и сопутствующие заболевания у человека. Радиационная обстановка в промышленных городах также является причиной для формирования условий развития раковых опухолей. В городской агломерации источниками излучения могут служить строительные материалы, атомные электростанции, промышленные отходы, медицинское и научно-исследовательское оборудование. Однако вопросы радиационной безопасности городов требуют отдельного рассмотрения в зависимости от конкретных условий.

Таким образом, в условиях промышленного города существует достаточно высокий риск развития онкологических заболеваний среди населения за счет наличия канцерогенных факторов, вызванных антропогенным загрязнением окружающей среды. Более конкретный анализ уровня риска возможен при анализе условий каждого города в отдельности с учетом сопутствующих факторов.

Список литературы:

1. Эриашвили Н.Д., Иванова Ю.А., Аливердиева М.А. Экологические проблемы современного общества. Образование и право 2022; №7: 94-8.

2. WHO. Global status report on noncommunicable disease. World Health Organization 2022. doi: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases>
3. Состояние онкологической помощи населению России в 2022 году. Москва: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России; 2022. с. 4 - 5.
4. Мерабишвили В.М. Состояние онкологической помощи в России. Аналитические показатели: одногодичная летальность (популяционное исследование на уровне Федерального округа). Вопросы онкологии 2022; 68 (1):38-47.
5. Каракетова Ф.Х. Влияние человека на окружающую среду. Вестник науки 2019; №9 (18): 5 - 8.
6. Diseases due to unhealthy environments: an updated estimate of the global burden of disease attributable to environ- determinants of health. Public Health (Oxf.) 2017;3: 464–475.
7. Пичугин Е.А., Шенфельд Б. Е. Здоровье граждан и продолжительность их жизни как критерий при оценке негативного воздействия объектов накопленного вреда окружающей среды на состояние окружающей среды и человека. Экология урбанизированных территорий 2021; 3: 62-7.
8. Ракитский В.Н., Степкин Ю.И., Клепиков О. В., Куролап С.А. Оценка канцерогенного риска здоровью городского населения, обусловленного воздействием факторов среды обитания. Гигиена и санитария 2021; 3: 188 - 195.
9. Смирнова В. М. Токсикология: промышленные и экологические аспекты. Нижний Новгород; 2019. с. 240.
10. Почекаева Е.И., Попова Т.В. Канцерогены окружающей среды. Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет; 2023. с. 115.
11. Клепиков О.В., Степкин Ю.И., Куролап С.А., Епринцев С.А. Организация мониторинга канцерогенов в атмосферном воздухе города и оценка риска для здоровья. Санитарный врач 2020; 11: 19 - 28.
12. Тюкавин А.И., Сучков С.В. Опухолевый рост - современный взгляд на патогенез и фармакотерапию. Актуальные проблемы: дискуссионная трибуна 2021; 2: 86-96.
13. Preventing disease through healthy environments: a global assessment of the burden of disease from environmental. Geneva 2016; 2 - 8.
14. Рюмина Е.В. Влияние экологической обстановки на человеческий потенциал: аспект здоровья. Международный журнал гуманитарных и естественных наук 2020; №9-1: 152 – 160.
15. Кураш И.А., Семенов И.П. Производственные канцерогены. Паспортизация канцерогеноопасных производств: методические рекомендации. Минск: БГМУ, 2017. с. 34.
16. Копытенкова О. И., Леванчук А.В., Еремин Г.Б. Гигиеническая характеристика воздушного бассейна в районе интенсивной эксплуатации дорожно-автомобильного комплекса. Гигиена и санитария 2019;98 (6):613-618.
17. Малышева А.Г., Калинина Н.В., Юдин С.М. Химическое загрязнение воздушной среды жилых помещений как фактор риска здоровью населения. Анализ риска здоровью 2022; № 3: 72-82.

18. Дергунова Д.Р., Тулина А.В. О некоторых вопросах загрязнения атмосферного воздуха. *E-Scio* 2023; 8: 12-18.
19. Ribeiro A.G., Baquero O.S., Freitas C.U., Chiaravalloti N. F., Cardoso M.A. Bayesian modeling of hematologic cancer and vehicular air pollution among young people in the city of São Paulo, Brazil. *Int J Environ Health Res.* 2020;30(5):504-514.
20. Гуринов Б.П., Тугаринова В.И., Васильева О.И., Нифонтова М.В., Шабад Л.М. О канцерогенных свойствах выхлопной сажи автотранспорта. *Гигиена и санитария* 1962;2: 19-20.
21. Рахматуллин Н.Р., Сулейманов Р.А., Валеев Т.К., Бактыбаева З.Б. Канцерогенные риски здоровью населения при загрязнении атмосферного воздуха в регионе с развитой нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленностью. *Научно-практический электронный журнал «Аллея Науки»* 2018; 9(25): 182-7.
22. Искандарова Г. Т., Акротов Д. А., Юсупхужаева А. М. Влияние атмосферных загрязнений на распространение рака легкого. *Молодой ученый* 2019; № 22 (260): 225-27.
23. Колбасина Н.И., Котов М.М. Химический состав выхлопных газов автотранспорта, его влияние на здоровье человека. *Материалы X Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум»* 2018; 6 - 8.
24. Каримходжаев Н., Нумонов М. Угли З. Сравнительный анализ токсичности выхлопных газов автомобилей и пути ее снижения. *Universum: технические науки* 2020; №11-2 (80): 12 - 18.
25. Пинаев С. К., Торшин В. И., Радыш И. В., Чижов А. Я. Экологические факторы, связанные с колебаниями частоты новообразований у детей. *Экология человека* 2021; 6: 49-57.
26. Бабанов С.А., Будащ Д.С., Байкова А.Г. Профессиональные злокачественные новообразования легких и других локализаций и потенциально опасные производственные канцерогены. *Consilium Medicum*; 2017: №11: 39 - 46.
27. Шелепова В.С., Звягинцева А.В. Бензапирен - химико-биологическая проблема современности (с20h12). *Пожарная безопасность: проблемы и перспективы* 2017; 1: 477-480.
28. Im J, Kim H, Kim B, Yun J, Lee J, Lee C. A study on the characteristics of pollutant release and transfer registers (PRTRs) and cancer incidence rates in Korea. *Environ Sci Pollut Res Int* 2019; 17: 178 - 180.
29. Бехруз О. Давронов У., Базаров Г. Защита атмосферы от отходящих газов нефтеперерабатывающих заводов. *Science and Education* 2023; 5: 783 - 88.
30. Кислицына В. В., Суржиков Д. В., Голиков Р. А., Корсакова Т. Г. Оценка риска для здоровья населения промышленного города от влияния выбросов металлургического предприятия. *МВК* 2022; 3: 75 - 79.
31. Dancik G.M., Varisli L, Voutsas I.F . Vlahopoulos S. Editorial: Acute leukemias: molecular characterization, leukemia-initiating cells, and influence of the microenvironment. 2023 *Front. Oncol.*

32. Somma M. The Effects of Nuclear Radiation on the Environment Science. Sciencing 2023; doi: <https://sciencing.com/two-environmental-problems-nuclear-power-generating-electricity-19948.html>
33. Пузырев В. Г., Халфиев И. Н., Музаффарова М. Ш., Григорьева Л. В., Ситдикова И. Д., Имамов А. А., Колпакова М. В., Павлов Д. В., Антипов М. С. Оценка сравнительной канцерогенной опасности в условиях воздействия факторов промышленной экологии. Медицина и организация здравоохранения 2022; 7 (2): 60-68.
34. Ковшов А.А., Новикова Ю.А., Мясников И.О., Тихонова Н.А., Федоров В.Н., Исаев Д.С. Анализ состояния здоровья населения во взаимосвязи с качеством питьевой воды в Мурманской области. Российская Арктика, 2022; 4: 5-16.
35. Валеев Т.К., Сулейманов Р.А., Орлов А.А., Бактыбаева З.Б., Рахматуллин Н.Р. Оценка риска здоровью населения, связанного с качеством питьевой воды. ЗНиСО 2016; 9 (282): 17 - 19.
36. Denchak M. Water Pollution: Everything You Need to Know. NRDC 2023; doi: <https://www.nrdc.org/stories/water-pollution-everything-you-need-know>
37. Костылева Л. Н. Оценка канцерогенного риска на примере крупного промышленного города. Science Time. 2020; №8 (80): 8 – 11.
38. Никулина, Н. Л. Проблемы оценки экологической безопасности региона. Экономика региона 2008; 4: 62-7.
39. Бурима Л. Я. Окружающая среда и здоровье населения. Вестник Прикамского социального института 2019; №1 (82): 91 – 99.
40. Петухов А.С., Кремлева Г.А., Петухова Г.А., Хридохин Н.А. Аккумуляция и миграция тяжелых металлов в почвах и растениях в условиях антропогенного загрязнения городской среды. Труды КарНЦ РАН 2022; №3: 53 - 66.

References:

1. Eriashvili N.D., Ivanova Yu.A., Aliverdieva M.A. Environmental problems of modern society. *Obrazovanie i pravo*. 2022; №7: 94-8.
2. WHO. Global status report on noncommunicable disease. World Health Organization 2022. doi: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases>
3. The state of cancer care for the population of Russia in 2022. Moscow: Herzen MRIO - branch of the Federal State Budgetary Institution "National Medical Research Center of Radiology" of the Russian Health Ministry; 2022. p. 4 - 5.
4. Merabishvili V.M. The state of cancer care in Russia. analytical indicators: one-year mortality (population study at the Federal District level). *Voprosy onkologii*. 2022; 68 (1):38-47.
5. Karaketova F.H. Human impact on the environment. *Vestnik nauki* 2019; №9 (18): 5 - 8.
6. Diseases due to unhealthy environments: an updated estimate of the global burden of disease attributable to environ- determinants of health. *Public Health (Oxf.)* 2017;3: 464–475.
7. Pichugin E.A., Shenfeld B. E. The health of citizens and their life expectancy as a criterion for assessing the negative impact of objects of accumulated environmental harm on the state of the environment and humans. *Ekologiya urbanizirovannyh territorij*. 2021; 3: 62-7.

8. Rakitskij V.N., Styopkin Yu.I., Klepikov O. V., Kurolap S.A. Assessment of carcinogenic risk to the health of the urban population caused by exposure to environmental factors. *Gigiena i sanitariya*. 2021; 3: 188 - 195.
9. Smirnova V. M. Toxicology: industrial and environmental aspects. Nizhny Novgorod; 2019. p. 240.
10. Pochekaeva E.I., Popova T.V. Environmental carcinogens. Rostov-on-Don: Southern Federal University; 2023. p. 115.
11. Klepikov O.V., Styopkin Yu.I., Kurolap S.A., Eprincev S.A. Organization of monitoring of carcinogens in the atmospheric air of the city and assessment of health risks. *Sanitarnyj vrach*. 2020; 11: 19 - 28.
12. Tyukavin A.I., Suchkov S.V. Tumor growth - a modern view of pathogenesis and pharmacotherapy. Current problems: discussion platform. Tumor growth - a modern view of pathogenesis and pharmacotherapy. Current problems: discussion platform. 2021; 2: 86-96.
13. Preventing disease through healthy environments: a global assessment of the burden of disease from environmental. Geneva 2016; 2 - 8.
14. Ryumina E.V. The influence of the environmental situation on human potential: the health aspect. *Mezhdunarodnyj zhurnal gumanitarnyh i estestvennyh nauk*. 2020; №9-1: 152 – 160.
15. Kurash I.A., Semyonov I.P. Industrial carcinogens. Certification of carcinogens. 2017. p. 34.
16. Kopytenkova O. I., Levanchuk A.V., Eremin G.B.. Hygienic characteristics of the air basin in the area of intensive operation of the road and automobile complex. *Gigiena i sanitariya*. 2019;98 (6):613-618.
17. Malysheva A.G., Kalinina N.V., Yudin S.M. Chemical pollution of residential air as a risk factor for public health. *Analiz riska zdorov'yu* 2022; № 3: 72-82.
18. Dergunova D.R., Tulina A.V. On some issues of air pollution. *E-Scio*. 2023; 8: 12-18.
19. Ribeiro A.G., Baquero O.S., Freitas C.U., Chiaravalloti N. F., Cardoso M.A. Bayesian modeling of hematologic cancer and vehicular air pollution among young people in the city of São Paulo, Brazil. *Int J Environ Health Res*. 2020;30(5):504-514.
20. Gurinov B.P., Tugarinova V.I., Vasil'eva O.I., Nifontova M.V., Shabad L.M. On the carcinogenic properties of vehicle exhaust soot. *Gigiena i sanitariya* 1962; 2: 19-20.
21. Rahmatullin N.R., Sulejmanov R.A., Valeev T.K., Baktybaeva Z.B. Carcinogenic risks to public health due to air pollution in a region with a developed petrochemical and oil refining industry. *Alleya Nauki*. 2018; 9(25): 182-7.
22. Iskandarova G. T., Akromov D. A., Yusuphuzhaeva A. M. The influence of atmospheric pollution on the spread of lung cancer. *Molodoj uchenyj*. 2019; № 22 (260): 225-27.
23. Kolbasina N.I., Kotov M.M. Chemical composition of vehicle exhaust gases, its impact on human health. *Materialy X Mezhdunarodnoj studencheskoj nauchnoj konferencii «Studencheskij nauchnyj forum»* 2018; 6 - 8.
24. Karimhodzhaev N., Numonov M. Ugli Z. Comparative analysis of the toxicity of vehicle exhaust gases and ways to reduce it. *Universum: tekhnicheskie nauki*. 2020; №11-2 (80): 12 - 18.
25. Pinaev S. K., Torshin V. I., Radysh I. V., Chizhov A. Ya. Environmental factors associated with variations in the incidence of neoplasms in children. *Ekologiya cheloveka*. 2021; 6: 49-57.

26. Babanov S.A., Budash D.S., Baikova A.G. Occupational malignant neoplasms of the lungs and other localizations and potentially dangerous industrial carcinogens. *Consilium Medicum*; 2017; №11: 39 - 46.
27. Shelepova V.S., Zvyaginiceva A.V. Benzopyrene - chemical and biological problems of our time (с20h12). *Pozharnaya bezopasnost': problemy i perspektivy*. 2017; 1: 477-480.
28. Im J, Kim H, Kim B, Yun J, Lee J, Lee C. A study on the characteristics of pollutant release and transfer registers (PRTRs) and cancer incidence rates in Korea. *Environ Sci Pollut Res Int* 2019; 17: 178 - 180.
29. Bekhruz O. Davronov U., Bazarov G. Protecting the atmosphere from waste gases from oil refineries. *Science and Education*. 2023; 5: 783 - 88.
30. Kislicyna V. V., Surzhikov D. V., Golikov R. A., Korsakova T. G. Assessment of the health risk of the population of an industrial city from the influence of emissions from a metallurgical enterprise. *MvK*. 2022; 3: 75 - 79.
31. Dancik G.M., Varisli L, Voutsas I.F . Vlahopoulos S. Editorial: Acute leukemias: molecular characterization, leukemia-initiating cells, and influence of the microenvironment. 2023 *Front. Oncol*.
32. Somma M. The Effects of Nuclear Radiation on the Environment Science. *Sciencing* 2023; doi: <https://sciencing.com/two-environmental-problems-nuclear-power-generating-electricity-19948.html>
33. Puzyrev V. G., Halfiev I. N., Muzaffarova M. Sh., Grigor'eva L. V., Sitdikova I. D., Imamov A. A., Kolpakova M. V., Pavlov D. V., Antipov M. S. Assessment of comparative carcinogenic hazard under the influence of industrial environmental factors. *Medicina i organizaciya zdavoohraneniya*. 2022; 7 (2): 60-68.
34. Kovshov A.A, Novikova Yu.A., Myasnikov I.O., Tihonova N.A., Fedorov V.N., Isaev D.S. Analysis of the health status of the population in relation to the quality of drinking water in the Murmansk region. *Rossiyskaya Arktika*. 2022; 4: 5-16.
35. Valeev T.K., Sulejmanov R.A., Orlov A.A., Baktybaeva Z.B., Rahmatullin N.R. Assessment of public health risks associated with drinking water quality. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*. 2016; 9 (282): 17 - 19.
36. Denchak M. Water Pollution: Everything You Need to Know. NRDC 2023; doi: <https://www.nrdc.org/stories/water-pollution-everything-you-need-know>
37. Kostyleva L. N. Assessment of carcinogenic risk using the example of a large industrial city. *Science Time*. 2020; №8 (80): 8 – 11.
38. Nikulina, N. L. Problems of assessing the environmental safety of the region. *Ekonomika regiona*. 2008; 4: 62-7.
39. Burima L. Ya. Окружающая среда и здоровье населения. *Vestnik Prikamskogo social'nogo institute*. 2019; №1 (82): 91 – 99.
40. Petuhov A.S., Kremleva G.A., Petuhova G.A., Hritohin N.A. Accumulation and migration of heavy metals in soils and plants under conditions of anthropogenic pollution of the urban environment. *Trudy KarNC RAN*. 2022; №3: 53 - 66.

Поступила/Received: 09.10.2023

Принята в печать/Accepted: 22.11.2023

УДК 613.648(470.57)

**РАДИАЦИОННАЯ НАГРУЗКА НА НАСЕЛЕНИЕ ОТ МЕДИЦИНСКОГО ОБЛУЧЕНИЯ В
РЕСПУБЛИКЕ БАШКОРТОСТАН В ПЕРИОД ПАНДЕМИИ**

**Кудашева А.Р.¹, Бакиров А.Б.¹, Казак А.А.², Ямалиев А.Р.², Хохлов В.А.³, Скотарева М.А.³,
Самойлова Э.Р.²**

¹ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет», Уфа, Россия

² Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Республике Башкортостан, Уфа, Россия

³ ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Башкортостан», Уфа, Россия

Использование в медицине новейших высокоинформативных методов диагностики и лечения с применением ядерных технологий определяет особые критерии допустимости их безопасного применения. Отличительными особенностями медицинского облучения является использование с диагностической и лечебной целью многократно превышающих доз в сравнении с природным фоновым облучением.

Целью настоящего анализа явилась оценка радиационной нагрузки на население, формируемая за счет медицинского облучения на территории Республики Башкортостан в период пандемии.

Материалы исследования: архивные данные результатов радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах Российской Федерации за 2018-2021 гг.

Результаты. Доля медицинских организаций, использующих в работе источники ионизирующих излучений, в РФ за 2018-2021 гг. достигала 78%. Количество проведенных медицинских процедур с применением различных источников ионизирующего излучения имело тенденцию к росту. В структуре проведенных процедур лидирует рентгенография 64,4%-61,8% и отмечается рост использования компьютерной томографии 4,1%-9,7%, которая вносит в коллективную дозу медицинского облучения от 0,31 мЗв/год (2018 г.) до 0,76 мЗв/год (2021 г.). Средняя доза медицинского облучения пациентов в расчете на одну процедуру суммарно составляла от 0,29 мЗв (2018 г.) до 0,5 мЗв (2021 г.) и больше зависела от радионуклидных 4,36-8,47 мЗв и компьютерных видов исследования 3,81-4,02 мЗв.

В Республике Башкортостан структура медицинских рентгенорадиологических процедур не отличается от всероссийских и ранговое место принадлежит рентгенографии - 63%-56,2%, а компьютерная томография занимает 7%-16,5%. Однако именно компьютерная томография вносит в коллективную дозу облучения населения республики от 54,3% чел-Зв/год (2018 г.) до 82,2% чел-Зв/год (2021 г.).

Ключевые слова: радиоактивная нагрузка, медицинское облучение, средняя эффективная доза, население Республики Башкортостан.

Для корреспонденции: Кудашева Альфия Равилевна, к.м.н., доцент кафедры терапии и профессиональных болезней с курсом ИДПО ФГБОУ ВО БГМУ МЗ РФ. e-mail: alfa_9@inbox.ru

Для цитирования: Кудашева А.Р., Бакиров А.Б., Казак А.А., Ямалиев А.Р., Хохлов В.А., Скотарева М.А., Самойлова Э.Р. Радиационная нагрузка на население от

медицинского облучения в Республике Башкортостан. Медицина труда и экология человека. 2023;4:108-118.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10408>

RADIATION LOAD ON THE POPULATION EXPOSED TO MEDICAL IRRADIATION IN THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN DURING THE PANDEMIC

Kudasheva A.R.¹, Bakirov A.B.¹, Kazak A.A.², Yamaliev A.R.², Khokhlov V.A.³, Skotareva M.A.³, Samoilova E.R.².

¹Bashkirian State Medical University, Ufa, Russia

²Office of the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare
in the Republic of Bashkortostan

³Center for Hygiene and Epidemiology in the Republic of Bashkortostan

The use of the latest highly informative methods of diagnostics and treatment using nuclear technologies in medicine determines special criteria for the admissibility of their safe use. Distinctive features of medical irradiation is the use for diagnostic and therapeutic purposes of many times higher doses in comparison with natural background irradiation.

The purpose of this analysis was to assess the radiation load on the population, formed due to medical exposure in the territory of the Republic of Bashkortostan.

Research materials: archival data on the results of radiation-hygienic certification in the constituent entities of the Russian Federation for 2018-2021.

Results. The share of medical organizations using sources of ionizing radiation in the Russian Federation between 2018 and 2021 reached 78%. The number of medical procedures performed using various sources of ionizing radiation tended to increase. In the structure of the procedures performed, radiography is leading 64.4%-61.8% and there is an increase in the use of computed tomography 4.1%-9.7%, which contributes to the collective dose of medical exposure from 0.31 mSv / year (2018) to 0.76 mSv/year (2021). The average dose of medical exposure of patients per one procedure ranged from 0.29 mSv (2018) to 0.5 mSv (2021) in total, and more depended on radionuclide 4.36 mSv-8.47 mSv and computer types of investigation 3, 81mSv - 4.02mSv.

In the Republic of Bashkortostan, the structure of medical X-ray and radiological procedures does not differ from the all-Russian ones, and the ranking place belongs to radiography - 63% -56.2%, and computed tomography - 7% -16.5%. However, it is computed tomography that contributes to the collective radiation dose of the population of the Republic from 54.3% man-Sv/year (2018) to - 82.2% man-Sv/year (2021).

Keywords: radioactive load, medical exposure, average effective dose, population Republic of Bashkortostan.

For correspondence: Alfiya R. Kudasheva, Cand.Sc. (Medicine), associate professor at the Department of Therapy and Occupational Diseases with the course of International Postgraduate

Education at the Bashkirian State Medical University of the Russian Health Ministry. e-mail: alfa_9@inbox.ru

For citation: Kudasheva A.R., Bakirov A.B., Kazak A.A., Yamaliev A.R., Khokhlov V.A., Skotareva M.A., Samoilova E.R. Radiation load on the population exposed to medical irradiation in the Republic of Bashkortostan. *Occupational Health and Human Ecology*. 2023;4:108-118.

Funding: The study had no financial support.

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

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10408>

Введение. Радиационные нагрузки населения на отдельных территориях Российской Федерации (РФ) формируются за счет природных и техногенных источников. По данным Федеральной службы гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды, географические расположения техногенных источников радиоактивного загрязнения в отдельных областях РФ характеризуются неоднородностью, что связано с неравномерным территориальным распределением радиационно опасных объектов и их приближенностью к населенным пунктам. Любое повышение фонового облучения на конкретной территории рассматривается в качестве радиоактивной нагрузки [1-5].

Радиационная нагрузка складывается за счет внешнего и внутреннего облучения преимущественно радионуклидами, излучающими α -, β -частицы и γ -фоновое облучение. Внешнее облучение, как правило, формируется за счет загрязнений кожных покровов и одежды персонала и населения, внутреннее - инкорпорирования радиоактивных веществ с воздухом, продуктами питания и водой [6-7]. Средняя допустимая доза облучения населения должна составлять не более 1 мЗв/год⁵.

В настоящее время основными антропогенными источниками радиоактивного загрязнения являются предприятия ядерной энергетики на всех этапах ядерного топливного цикла и медицинские организации, использующие в своей деятельности источники ионизирующего излучения (ИИИ). При этом существенную радиационную нагрузку на население регионов оказывают лечебно-диагностические медицинские процедуры. Формирующееся при этом радиационное отягощение может отражаться на здоровье человеческой популяции. Отличительными особенностями медицинского облучения являются: использование высокой мощности дозы, в несколько раз превосходящей природное фоновое облучение, кратности применения с лечебной целью на одни и те же радиочувствительные органы, воздействие преимущественно на ослабленный организм: дети, беременные, лица с иммунодефицитом, онкобольные и т.д. [8-13].

Целью настоящего анализа явилась оценка радиационной нагрузки на персонал и население, формируемая за счет медицинского облучения на территории Республики Башкортостан.

Материалами исследования послужили статистические данные результатов радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах РФ за 2018-2021 годы Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.

⁵ Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2523.09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ 99/2009)»

Результаты и их обсуждение. По данным радиационно-гигиенической паспортизации субъектов РФ за 2018-2021 гг., куда вошли дополнительно данные о дозах медицинского облучения населения, обслуживаемых Федеральным медико-биологическим агентством, Министерством обороны, Министерством внутренних дел, Управлением делами президента, Федеральной службой безопасности, Федеральной службой исполнения наказаний России и Росгвардии, насчитывалось от 19347 (2018 г.) до 20359 (2021 г.) организаций, которые использовали в своей работе различные виды источников ионизирующего излучения, доля медицинских организаций занимала 78% [15-20].

Во всех объектах РФ за 2018-2021 годы проведено 288,1-306,6-275,4-286,1 млн диагностических рентгенорадиологических манипуляций, что в пересчете на 1 жителя соответствовало 1,99-2,09-1,83-1,96 процедуры. При этом годовая коллективная доза медицинского облучения населения РФ составила 84,16-90,2-119,9-143,5 тыс.чел.-Зв/год. В анализируемый период в структуре проведенных процедур количество некоторых оставалось стабильным, так рентгенографий (РГ) было 64,4%-61,8%, радионуклидных исследований (РН) - 0,2%-0,3%. Однако отмечался рост использования компьютерной томографии (КТ) - 4,1%-9,7% и прочих процедур - 0,07%-0,1%. В то же время стали менее востребованными рентгеноскопические диагностические исследования (РС) - 0,57-0,4% [15-20].

В РФ за исследуемые годы коллективная доза облучения населения 84157-143532 чел-Зв/год формировалась преимущественно за счет компьютерной диагностики - 53,7-77,1% чел-Зв/год и рентгенографии - 21,2-10,8%чел-Зв/год. Доля других радиологических исследований незначительна: ФГ от 6,9 до 3,9% чел-Зв/год, РС - 5,4-2,4%чел-Зв/год, РН - 3,02-4,2%чел-Зв/год, прочие - 0,6-0,3% чел-Зв/год [14-17]. Общий вклад в дозы медицинского облучения населения различными видами рентгенорадиологических процедур РФ представлен на рис. 1 и 2.

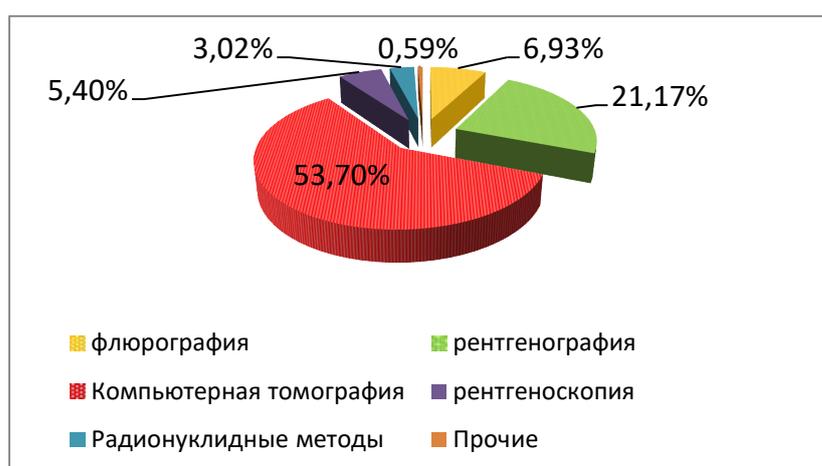


Рис. 1. Виды рентгенорадиологических процедур, проведенных в Российской Федерации в 2018 г. (%)

Fig. 1. Types of X-ray and radiological procedures performed in the Russian Federation in 2018 (%)



Рис. 2. Виды рентгенорадиологических процедур, проведенных в Российской Федерации в 2021 г. (%)

Fig. 2. Types of X-ray and radiological procedures performed in the Russian Federation in 2021 (%)

При этом средняя годовая доза медицинского облучения населения в расчете на 1-го жителя в РФ соответствовала от 0,57 мЗв/год (2018 г.) до 0,99 мЗв/год (2021 г.), преимущественно вносимая за счет КТ 0,31 мЗв/год (2018 г.) и 0,76 мЗв/год (2021 г.), не выходила за пределы установленных норм радиационной безопасности⁶.

Средняя доза медицинского облучения пациентов в расчете на одну процедуру суммарно составляла 0,29 мЗв (2018 г.) - 0,5 мЗв (2021 г.) и больше зависела от радионуклидных (4,36-8,47 мЗв) и компьютерных видов исследования (3,81-4,02 мЗв). Остальные методы существенную роль в ее формировании не сыграли: ФГ - 0,07-0,05 мЗв, РГ - 0,10-0,07 мЗв, РС - 2,77-2,63 мЗв, прочие - 2,39-5,7 мЗв.

При анализе годовой эффективной дозы медицинского облучения в среднем на 1-го жителя России приходилось от 0,57 мЗв/год (2018 г.) до 0,99 мЗв/год (2021 г.), где средние дозы на процедуру практически не изменялись, за исключением радионуклидной диагностики. Отмечался рост в 1,7 раза годовой эффективной коллективной дозы от 83773 чел.-Зв (2018 г.) до 143532 чел.-Зв (2021 г.) и средней индивидуальной дозы облучения населения от 0,57 мкЗв (2018 г.) до 0,99 мкЗв (2021 г.). Данные показатели не выходили за пределы установленных норм радиационной безопасности⁶.

По результатам нашего анализа, годовая эффективная доза облучения населения России, полученная от всех видов медицинских лучевых источников, возросла в 1,6 раза - от 14,5% (2018 г.) до 22,63% (2021 г.) [16-23].

⁶ Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2523.09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ 99/2009)»

В Республике Башкортостан (РБ) в целом за 2018-2021 гг. также отмечался рост медицинских диагностических рентгенорадиологических процедур с 5377 до 6356 тыс., преимущественно за счет рентгенографии - 63-56,2%, флюорографии - 28,3-25,7% и компьютерной диагностики - 7-16,5%. Остальные методы были менее востребованными: РС - 0,64-0,18%, РН - 0,57-0,7%, прочие виды - 0,37-0,25% [15-23].

Коллективные дозы облучения за счет лучевых и иных способов диагностики и лечения, полученные населением республики, составляли всего за изученный период - 2650 чел-Зв/год (2018 г.) - 3114 чел-Зв/год (2019 г.) - 4904 чел-Зв/год (2020 г.) - 5377 чел-Зв/год (2021 г.). Максимальный вклад в ее формирование внесла КТ - от 54,3% чел-Зв/год (2018г.) до 82,2% чел-Зв/год (2021г.), как высокоинформативный метод визуализации. При этом доли рентгенографических и флюорографических методов несколько снизились соответственно с 16,35% до 5,78% чел-Зв/год и с 7,7% до 4,2% чел-Зв/год, остальные методы: РС - 7,8-0,7% чел-Зв/год, РН - 5,5-5,6% чел-Зв/год, прочие - 8,1-0,3% чел-Зв/год (рис. 3, рис. 4).

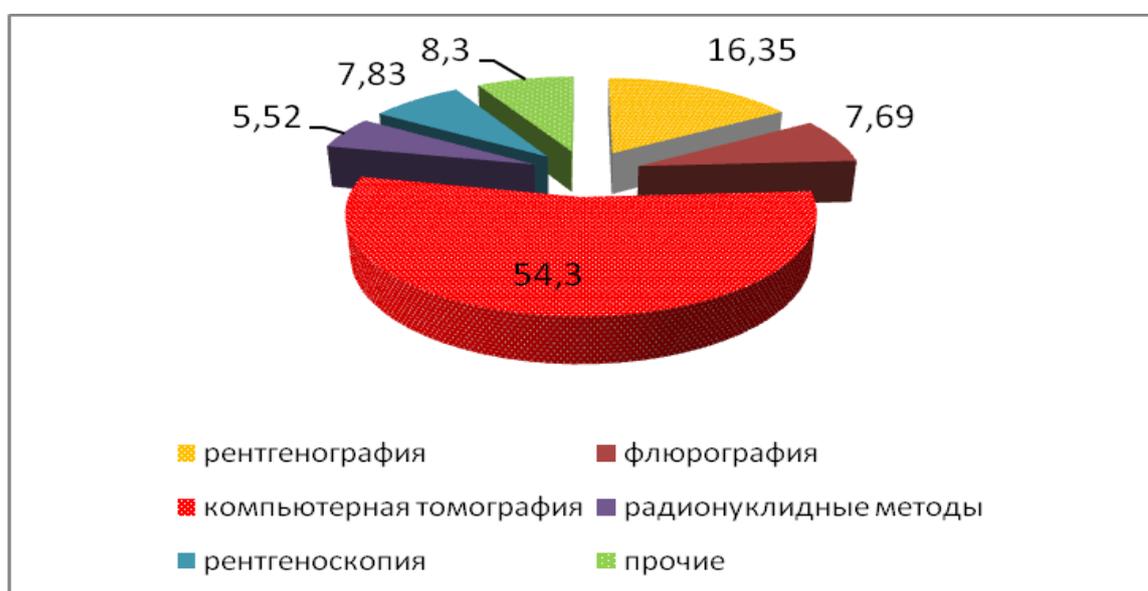


Рис. 3. Виды рентгенорадиологических процедур, проведенных в Республике Башкортостан в 2018 г. (%)

Fig. 3. Types of X-ray and radiological procedures performed in the Republic of Bashkortostan in 2018 (%)

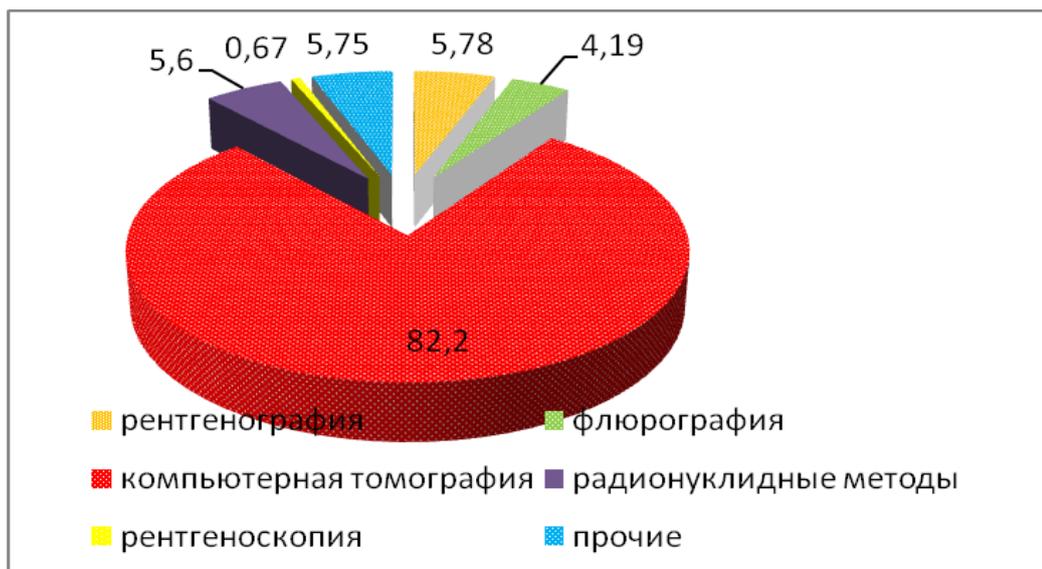


Рис. 4. Виды рентгенорадиологических процедур, проведенных в Республике Башкортостан в 2021 г. (%)

Fig. 4. Types of X-ray and radiological procedures performed in the Republic of Bashkortostan in 2021 (%)

В нашей республике средняя годовая доза - 0,65 мЗв/год (2018 г.) - 1,34 мЗв/год (2021 г.) - населения от медицинского облучения в расчете на 1-го жителя формировалась преимущественно за счет компьютерной томографии от 0,35 мЗв/год (2018 г.) до 1,10 мЗв/год (2021 г.). Вклад других методов был существенно ниже: ФГ - от 0,05 мЗв/год (2018 г.) до 0,06 мЗв/год (2021 г.), РГ - от 0,11 мЗв/год (2018 г.) до 0,08 мЗв/год (2021 г.), РС - от 0,05 мЗв/год (2018 г.) до 0,01 мЗв/год (2021 г.), прочие - 0,05 мЗв/год (2018 г.) до 0,02 мЗв/год (2021 г.).

За изученный период средние дозы медицинского облучения пациентов в расчете на одну процедуру суммарно составили 0,49 (2018 г.) - 0,85 мЗв (2021 г.). На показатели средней дозы преимущественно оказывали влияние высокодозные нагрузки от компьютерной томографии - от 3,82 мЗв (2018 г.) до 4,22 мЗв (2021 г.), рентгеноскопии - от 6,03 (2018 г.) до 3,20 мЗв (2021 г.) и радионуклидных методов - от 4,78 мЗв (2018 г.) до 6,83 мЗв (2021 г.). Роль других методов с использованием источников ионизирующего излучения была менее значима: ФГ - от 0,13 мЗв (2018 г.) до 0,14 мЗв (2021 г.), РГ - 0,13 мЗв до 0,09 мЗв [15-20].

В целом, как показал анализ, годовые эффективные коллективные дозы в РБ возросли в 2 раза от 2641 чел.-Зв (2018 г.) до 5377 чел.-Зв (2021 г.), что отражалось также на показателях средних индивидуальных доз (СИД) - от 0,65 мкЗв (2018 г.) до 1,34 мкЗв (2021 г.).

По результатам нашего анализа, годовая эффективная доза облучения населения в РБ, полученная от всех видов медицинских лучевых источников, возросла в 1,7 раза - от 14,8% (2018 г.) до 25,1% (2021 г.). Данные показатели не выходили за пределы установленных норм радиационной безопасности⁷.

⁷ Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2523.09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ 99/2009)»

Заключение. Проведенный анализ позволил констатировать, что радиационная нагрузка на население в Республике Башкортостан в период пандемии формировалась преимущественно за счет компьютерной томографии, как более совершенного и востребованного метода медицинской диагностики. Замещение за последние годы низкодозовых функциональных радионуклидных исследований более информативными сцинтиграфическими и томографическими исследованиями могло отразиться на средней индивидуальной дозе населения, однако современная цифровизация техники снизила эти риски. Дозовая нагрузка на население, подвергающееся лечебно-диагностическим процедурам, не выходила за установленные нормы как в Российской Федерации, так и в Республике Башкортостан, несмотря на существенный вклад, вносимый медицинским облучением в общую коллективную дозу облучения населения.

Список литературы:

1. Бекман И. Н. Радиоэкология и экологическая радиохимия: учебник для бакалавриата и магистратуры. М.: Издательство Юрайт, 2018:409. <https://urait.ru/bcode/414800> (дата обращения: 19.05.2022).
2. Кукин П. П., Колесников Е. Ю., Колесникова Т. М. Оценка воздействия на окружающую среду. Экспертиза безопасности: учебник и практикум; 2018:453.
3. Сапожников Ю. А., Алиев Р. А., Калмыков С. Н. Радиоактивность окружающей среды: теория и практика -М.: Лаборатория знаний; 2015:289.
4. Смирнов С. Н., Герасимов Д. Н. Радиационная экология. Физика ионизирующих излучений: учебник для студентов вузов. М.: Издательский дом МЭИ; 2016. <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383010037.html> (дата обращения: 19.05.2022).
5. Будилова Е.В., Замолотчиков Д.Г., Зотов В.А., Лихачева Е.Ю., Мамихин С.В., Д.В. Манахов, В.М. Бадави, С.А. Остроумов, И.О. Плеханова, Попов С.Ю., Рисник Д.В., Терехин А.Т., Тропин И.В., Честных О.В.; под ред. Рисника Д.В. Природные и антропогенные экосистемы: проблемы и решения: монография. М.: БИБЛИО–ГЛОБУС; 2017:268.
6. Кондричина С. Н., Дукальтетенко Е.В. Ионизирующие излучения и медицина: учеб. пособие для студентов мед. фак. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ; 2014:45.
7. Иванов С.И., Котов Н.Н., Аكوпова Н.А., Рыжкин С.А., Рыбашлыков В.И., Костенко С.А. Биологические эффекты малых доз облучения: учебное пособие. М.: ГБОУ ДПО РМАПО; 2014:72.
8. Китаев, В.М. Компьютерная томография в пульмонологии. М.:МЕДпресс-информ; 2017:144.
9. Вэбб, У. Компьютерная томография: грудь, живот и таз, опорно-двигательный аппарат - М.: Гэотар-Медиа; 2018:464.
10. Алешкевич А.И. Лучевая диагностика и лучевая терапия - М.: Новое знание; 2017:382.
11. Ластовкин В. Ф. Основы радиационной безопасности. Учебное пособие – Н. Новгород: ННГАСУ; 2017: 143.

12. Международное агентство по атомной энергии. Радиационная защита и безопасность источников излучения: Международные основные нормы безопасности, № GSR Part 3. Вена: МАГАТЭ. 2015: 482.
13. Легеза В.И., Ушаков И.Б., Гребенюк А.Н., Антушевич А.Е. Радиобиология, радиационная физиология и медицина: словарь-справочник. СПб: Фолиант; 2017:176.
14. Балонов М.И., Голиков В.Ю., Звонова И.А. и др. Современные уровни медицинского облучения в России. Радиационная гигиена. 2015;8(3): 67 - 79.
15. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах Российской Федерации за 2018 год: Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. 2019; 130.
16. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах Российской Федерации за 2021 г. (Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации).- М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. 2022; 132 с.
17. Дозы облучения населения Российской Федерации в 2018 году. - СПб.: НИИРГ имени проф. Рамзаева. 2019; 72 с.
18. Дозы облучения населения Российской Федерации в 2019 году.- СПб.: НИИРГ имени проф. Рамзаева. 2020; 70 с.
19. Дозы облучения населения Российской Федерации в 2020 году.- СПб.: НИИРГ имени проф. Рамзаева, 2021; 83 с.
20. Дозы облучения населения Российской Федерации в 2021 году.- СПб.: НИИРГ имени проф. Рамзаева, 2022; 83 с.
21. IAEA Safety Standards for protecting people and the environment. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards. No GSR Part 3. Vienna: IAEA, 2014. 458 p.
22. 4. Annexes. Volume II, Scientific Annex E. Effect of ionizing radiation on non-human biota. New York: United Nations, 2011.
23. ICRP, 2014. Protection of the environment under different exposure situations. ICRP Publication 124 //Ann.ICRP. 2014. V. 43, N 1. P. 1-59.

References:

1. Bekman I. N. Radioecology and ecological radiochemistry: textbook for bachelor's and master's degree. Moscow: Yurayt Publishing House, 2018:409. <https://urait.ru/bcode/414800> (date of reference: 19.05.2022).
2. Kukin, P. P., Kolesnikov E. Yu., Kolesnikova T. M. Environmental impact assessment. Safety expertise: textbook and workshop; 2018:453.3.
3. Sapozhnikov Yu. A., Aliyev R. A., Kalmykov S. N. Environmental radioactivity: Theory and practice - М.: Laboratory of Knowledge; 2015:289.

4. Smirnov, S. N., Gerasimov D. N. Radiation ecology. Physics of ionizing radiation: textbook for university students. Moscow: Publishing House of MEI; 2016. <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383010037.html> (accessed: 05/19/2022).
5. Budilova E.V., Zamolodchikov D.G., Zotov V.A., Likhacheva E.Yu., Mamikhin S.V., D.V. Manakhov, V.M. Badavi, S.A. Ostroumov, I.O. Plekhanova, Popov S.Yu., Risnik D.V., Terekhin A.T., Tropin I.V., Honest O.V.; ed. Risnik D.V. Natural and anthropogenic ecosystems: problems and solutions: monograph. Moscow: BIBLIO–GLOBUS; 2017:268.
6. Kondrichina S. N., Dukaltetenko E.V. Ionizing radiation and medicine: studies. manual for students of medical faculty. Petrozavodsk: Publishing House of PetrSU; 2014:45.
7. Ivanov S.I., Kotov N.N., Akopova N.A., Ryzhkin S.A., Rybashlykov V.I., Kostenko S.A. Biological effects of low doses of radiation: textbook. M.: GBOU DPO RMAPO; 2014:72.8
8. Kitaev, V.M. Computed tomography in pulmonology. M.:MEDpress-inform; 2017:144.
9. Webb, U. Computed tomography: chest, abdomen and pelvis, musculoskeletal system - M.: Geotar-Media; 2018:464.
10. Aleshkevich A.I. Radiation diagnostics and radiation therapy - M.: New knowledge; 2017:382.
11. Lastovkin V. F. Fundamentals of radiation safety. Textbook – N. Novgorod: NNGASU; 2017: 143.
12. International Atomic Energy Agency, Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, no. GSR Part 3. Vienna: IAEA. 2015: 482.
13. Legeza, V.I., Ushakov I.B., Grebenyuk A.N., Antushevich A.E. Radiobiology, radiation physiology and medicine: dictionary-reference. St. Petersburg: Folio; 2017:176.
14. Balonov M.I., Golikov V.Yu., Zvonova I.A., etc. Current levels of medical radiation in Russia. Radiation hygiene. 2015; 8 (3): 67 - 79.
15. The results of radiation-hygienic certification in the constituent entities of the Russian Federation passport of the Russian Federation for 2018: Radiation-hygienic passport of the Russian Federation. M .: Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare. 2019; 130.
16. Results of radiation-hygienic certification in the constituent entities of the Russian Federation for 2021 (Radiation-hygienic passport of the Russian Federation). - M .: Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare. 2022; 132 p.
17. Exposure doses to the population of the Russian Federation in 2018. - St. Petersburg: NIIRG named after prof. Ramzaev. 2019; 72 p.
18. Exposure doses of the population of the Russian Federation in 2019. - St. Petersburg: NIIRG named after prof. Ramzaev. 2020; 70 s.
19. Exposure doses of the population of the Russian Federation in 2020. - St. Petersburg: the Ramzaev RIRH, 2021; 83 p.
20. Exposure doses of the population of the Russian Federation in 2021. - St. Petersburg: the Ramzaev RIRH, 2022; 83 p.
21. IAEA Safety Standards for protecting people and the environment. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards. No GSR Part 3. Vienna: IAEA, 2014. 458 p.

22. 4. Annexes. Volume II, Scientific Annex E. Effect of ionizing radiation on non-human biota. New York: United Nations, 2011.
23. ICRP, 2014. Protection of the environment under different exposure situations. ICRP Publication 124 //Ann.ICRP. 2014. V. 43, N 1. P. 1-59.

Поступила/Received: 08.08.2023

Принята в печать/Accepted: 03.10.2023

УДК 613.9

**ИЗУЧЕНИЕ СВЯЗИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ С ТАБАКОКУРЕНИЕМ**

Спирин В.Ф.^{1,2}, Долич В.Н.¹, Комлева Н.Е.^{1,2}, Заикина И.В.¹, Поздняков М.В.^{1,2}, Скворцова Н.В.¹, Чекмизова Е.В.¹

¹Саратовский МНЦ гигиены ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», Саратов, Россия

²ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет имени В.И. Разумовского» Минздрава России, Саратов, Россия

Представлены результаты исследования, посвященного изучению влияния табакокурения на функциональное состояние микроциркуляторного русла с помощью высокочастотной ультразвуковой доплерографии.

Цель исследования – изучение показателей микроциркуляции у лиц трудоспособного возраста с учетом табакокурения.

Материалы и методы. В рамках одномоментного исследования на базе Саратовского медицинского научного центра гигиены ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» обследованы 75 лиц трудоспособного возраста (35-45 лет) мужского пола. Основную группу (n=50) составили лица, курящие в настоящее время табачные изделия, контрольную группу (n=25) – лица, у которых в анамнезе отсутствует курение табачной и иной курительной продукции. Для оценки состояния микроциркуляторного русла применяли ультразвуковой диагностический прибор ММ-Д-К «Минимакс Допплер-К». Показатели регистрировали в области мочки левого уха: Vas – максимальная систолическая скорость кровотока по кривой средней скорости; PI – индекс эластичности сосудов, или индекс пульсации (Гослинг); RI – индекс периферического сопротивления (Пурсело). Статистическая обработка полученных данных была проведена с помощью программы Statistica 10 (StatSoft Inc., США).

Результаты. Полученные данные показывают, что табакокурение способствует снижению эластичности сосудистой стенки, повышению периферического сопротивления сосудистой стенки. Также установлены корреляционные связи между следующими показателями: Vas и PI; Vas и RI; PI и RI. Результаты исследования свидетельствуют о системной дисфункции эндотелия, обусловленной табакокурением. Выявленные нарушения состояния микроциркуляторного русла под воздействием табакокурения являются одним из звеньев патогенеза различных неинфекционных хронических заболеваний. Таким образом, весьма перспективно исследование с целью изучения роли табакокурения в развитии ряда заболеваний с применением высокочастотной ультразвуковой доплерографии.

Ключевые слова: табакокурение, микроциркуляторное русло, высокочастотная ультразвуковая доплерография, лица трудоспособного возраста, хронические заболевания.

Для цитирования: Спирин В.Ф., Долич В.Н., Комлева Н.Е., Заикина И.В., Поздняков М.В., Скворцова Н.В., Чекмизова Е.В. Изучение связи показателей микроциркуляции с табакокурением. Медицина труда и экология человека. 2023;4:119-127.

Для корреспонденции: Спирин Владимир Федорович, профессор медицинских наук, заведующий отделом медицины труда и общей патологии Саратовского МНЦ гигиены ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», 410022, Саратов, e-mail: vladspirin2011@vfil.ru.

Финансирование: исследование не имело финансовой поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10409>

STUDYING THE RELATIONSHIP OF MICROCIRCULATION INDICATORS WITH TOBACCO SMOKING

Spirin V.F.^{1,2}, Dolich V.N.¹, Komleva N.E.^{1,2}, Zaikina I.V.¹, Pozdnyakov M.V.^{1,2}, Skvortsova N.V.¹, Chekmizova E.V.¹

¹Saratov Hygiene Medical Research Center of the Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Saratov, Russia

² Razumovskiy Saratov State Medical University, Saratov, Russia

Introduction. The results of the research devoted to the study on the effect of smoking on the microvasculature functional state using high-frequency Doppler ultrasound are presented.

The purpose of the study: study of microcirculation parameters in working age individuals, taking into account smoking.

Materials and methods. As part of a cross-sectional study on the basis of the Saratov Medical Research Center for Hygiene, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, 75 males of working age (35-45 years old) were examined. The main group (n=50) consisted of tobacco smoking persons, the control group (n=25) consisted of persons who did not have a history of smoking tobacco and other smoking products. To assess the state of the microvasculature, an ultrasonic diagnostic device MM-D-K "Minimax Doppler-K" was used. The parameters were recorded in the lobe of the left ear: Vas – maximum systolic blood flow velocity according to the mean velocity curve; PI - vascular elasticity index or pulsation index (Gosling); RI is the peripheral resistance index (Purcelo). Statistical processing of the obtained data was carried out using the Statistica 10 program (StatSoft Inc., USA).

Results. The data obtained show that smoking contributes to a decrease in the elasticity of the vascular wall, an increase in the peripheral resistance of the vascular wall. Also, correlations were established between the following indicators: Vas and PI; Vas and RI; PI and RI. The results of the study indicate systemic endothelial dysfunction caused by smoking. The revealed disturbances in the state of the microcirculatory bed under the influence of smoking are one of the links in the pathogenesis of various non-communicable chronic diseases. Thus, it is very promising to study the

role of smoking in the development of a number of diseases using high-frequency Doppler ultrasound.

Keywords: *tobacco smoking, microvasculature, high-frequency Doppler ultrasound, people of working age, chronic diseases.*

For citation: *Spirin V.F., Dolich V.N., Komleva N.E., Zaikina I.V., Pozdnyakov M.V., Skvortsova N.V., Chekmizova E.V. Sstudying the relationship of microcirculation indicators with tobacco smoking. Occupational Health and Human Ecology. 2023;4:119-127.*

For correspondence: *Vladimir F. Spirin, Full Professor, head of the department of occupational medicine, Saratov Hygiene Medical Research Center of the FBSI «FSC Medical and Preventive Health Risk Management Technologies», 410022, Saratov, E-mail:vladspirin2011@vfil.ru.*

Financing: *the study had no financial support.*

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

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10409>

Введение. Табакокурение является фактором риска развития более 40 хронических заболеваний, являющихся причиной инвалидности и преждевременной смертности среди всех групп населения, включая лиц трудоспособного возраста [1, 2]. Согласно данным отечественных исследований, в 2016 году распространенность табакокурения в России среди мужского населения составляла 51%, женского – 14%, при этом в 2017 году – 47% и 17% соответственно [3, 4]. В настоящее время продолжается активное изучение механизмов влияния табакокурения на организм человека, в том числе и на функциональное состояние сосудов микроциркуляторного русла [5, 6]: биомикроскопия бульбарной конъюнктивы, лазерная доплеровская флоуметрия, когерентная томографическая ангиография, широкопольная капилляроскопия ногтевого ложа, высокочастотная ультразвуковая доплерография [6-12].

Цель исследования – изучение показателей микроциркуляции у лиц трудоспособного возраста с учетом табакокурения.

Материалы и методы. В рамках одномоментного поперечного исследования на базе Саратовского медицинского научного центра гигиены ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» обследованы 75 лиц трудоспособного возраста (35-45 лет) мужского пола. Основную группу (n=50) составили лица, курящие табачные изделия в настоящее время, контрольную группу (n=25) – лица, у которых в анамнезе отсутствует курение табачной и иной курительной продукции (электронных средств нагревания табака, вейпов, кальянов и пр.). У представителей основной группы стаж курения $38,6 \pm 8,5$ пачка-лет.

Критерий включения: пол мужской; условно здоровые, курящие в настоящее время табачные изделия со стажем курения 1 год и более; условно здоровые, никогда не курившие. Критерий исключения: лица с острыми и/или хроническими заболеваниями в состоянии обострения или декомпенсации; лица, ранее курившие, но бросившие; лица, курящие или курившие ранее иную курительную продукцию (электронные средства нагревания табака, вейпы, кальяны и пр.).

Состояние микроциркуляторного русла анализировали с помощью ультразвукового диагностического прибора ММ-Д-К «Минимакс Допплер-К» (Санкт-Петербург) с использованием датчика с частотой излучения 25 МГц. Обследование проводили в стандартных условиях после адаптации пациентов при температуре воздуха в помещении 23-24 °С в течение 15-20 минут. Основные показатели у всех участников исследования регистрировали в области мочки уха слева: Vas – максимальная систолическая скорость кровотока по кривой средней скорости; PI – индекс эластичности сосудов, или индекс пульсации (Гослинга); RI – индекс периферического сопротивления (Пурсело). Для оценки влияния табакокурения на микроциркуляцию перечисленные показатели изучали в динамике у курящих лиц до курения и через 15 минут после курения.

Для статистического анализа применяли программу Statistica 10 (StatSoft Inc., США): для сравнения двух независимых групп – непараметрический критерий Манна-Уитни; для сравнения зависимых групп – критерий Вилкоксона; для анализа связи признаков – критерий Спирмена.

Исследование проводилось в соответствии с требованиями биоэтики после подписания участниками информированного согласия. На проведение исследования получено разрешение локального этического комитета.

Результаты. Среди участников исследования 67% человек курят табачные изделия. Результаты сравнения групп наблюдения по показателям, характеризующим кровотоки в микроциркуляторном русле, представлены в таблице.

Таблица

**Значения показателей, характеризующих кровотоки
в микроциркуляторном русле, в зависимости от курения**

Table

**Values of indicators characterizing blood flow
in the microcirculatory bed, depending on smoking**

Участок измерения Measurement area	Показатели микроциркуляции Microcirculation indicators	Основная группа (n=50) Main group (n=50)	Контрольная группа (n=25) Control group (n=25)	p для критерия Манна-Уитни p for the Mann-Whitney test
Мочка уха Earlobe	Vas, см/с	0,730±0,047	0,739±0,110	p>0,05
	PI	0,894±0,124	1,212±0,235	p=0,015
	RI	0,662±0,058	0,547±0,047	p=0,009

Оценка динамики значений показателей микроциркуляции у курящих лиц до и через 15 минут после курения показала, что статистически значимая разница между данными отсутствует.

До курения выявлена средняя положительная статистически значимая корреляционная связь между показателями Vas и PI в области мочки уха ($r=0,39$; $p=0,004$).

Через 15 минут после курения корреляция между изучаемыми показателями отсутствует ($r=0,15$; $p=0,2$).

Между показателями Vas и RI до курения установлена средняя положительная корреляционная связь ($r=0,37$; $p=0,008$). Через 15 минут после курения корреляция между изучаемыми показателями не выявлена ($r=0,23$; $p=0,1$).

До курения установлена сильная положительная корреляционная связь между показателями PI и RI в области мочки уха ($r=0,88$; $p<0,001$). Сила корреляционной связи между данными показателями после курения практически не изменилась ($r=0,98$; $p=0,000$).

Обсуждение. Результаты исследования указывают на существенное влияние табакокурения на кровоток в микроциркуляторном русле. Более высокие значения показателя PI и низкие – показателя RI в группе курящих свидетельствуют о снижении эластичности сосудистой стенки и повышении периферического сопротивления, что может объясняться провоспалительным, атерогенным и вазоконстрикторным действием табачного дыма непосредственно на эндотелий сосудистой стенки [13-15]. Важно отметить, что составные компоненты табачного дыма (никотин, монооксид углерода, фенолы, карбонилы, нитрозамины) способствуют снижению синтеза простаглицлинов, а также повышению выработки тромбоцитов и нейтрофилов, что влечет за собой повышение вязкости крови, ухудшение ее реологических свойств, снижение скорости кровотока [16]. Дополнительным фактором, ухудшающим реологические свойства крови, является поступление с табачным дымом монооксида углерода, способствующего образованию избытка карбоксигемоглобина [16]. Повышенная концентрация последнего стимулирует дополнительный выброс эритроцитов в сосудистое русло, что приводит к повышению вязкости крови [16].

Обнаруженные положительные корреляционные связи между значениями показателей Vas, PI и RI объясняются тем, что высокая скорость кровотока стимулирует эластичность и пульсацию эндотелия сосудистой стенки, а также периферическое сопротивление сосудистой стенки [13, 17], при этом курение оказывает негативное воздействие на функциональное состояние эндотелия сосудов (тонус, эластичность, пульсация) [18-20], что может обуславливать ослабление корреляционной связи между данными показателями после курения и находит подтверждение в других источниках [21, 22].

Результаты проведенного исследования позволяют сделать выводы о том, что табакокурение оказывает негативное воздействие на кровоток в микроциркуляторном русле, способствуя снижению эластичности сосудистой стенки, повышению периферического сопротивления сосудистой стенки.

Выводы. Учитывая значимую роль микроциркуляторного русла в обеспечении оптимального функционирования практически всех органов и систем организма, полученные результаты позволяют расценивать табакокурение в качестве фактора, способствующего развитию хронических заболеваний посредством отрицательного воздействия на систему микроциркуляции. Таким образом, в рамках настоящего исследования получены предварительные данные и определен ряд закономерностей, которые обосновывают перспективность дальнейших исследований, позволяющих изучить с

помощью метода высокочастотной ультразвуковой доплерографии роль микроциркуляции при влиянии табакокурения на развитие ряда неинфекционных хронических заболеваний.

Список литературы

1. Larsson S.C., Burgess S. Appraising the causal role of smoking in multiple diseases: A systematic review and meta-analysis of Mendelian randomization studies. *EBioMedicine*. 2022; 82: 104154. <http://doi.org/10.1016/j.ebiom.2022.104154>
2. Padwal R., Rashead M., Snider J. et al. Worksite-based cardiovascular risk screening and management: a feasibility study. *Vasc Health Risk Manag*. 2017; 13: 209-213. <http://doi.org/10.2147/VHRM.S138800>
3. Global adult tobacco survey, comparison fact sheet Russian Federation 2009 and 2016 (GATS). Comparison-fact-sheet. URL: <http://www.euro.who.int/en/countries/russian-federation>
4. Кузнецова П.О. Курение как фактор сокращения ожидаемой продолжительности жизни в России. *Демографическое обозрение*. 2019; 6(3): 31-57.
5. Nath M., Swarnkar P., Sharma R., Kumar A., Misra S., Kumar P. Association of modifiable risk factors with ischaemic stroke subtypes in Asian versus Caucasian populations: A systematic review and meta-analysis. *Eur J Clin Invest*. 2022; 52(11): 13849. <http://doi.org/10.1111/eci.13849>
6. Корнеева Н.В. Влияние отказа от курения на параметры микроциркуляции при артериальной гипертензии. *Казанский медицинский журнал*. 2019; 100(3): 402-409. <http://doi.org/10.17816/KMJ2019-402>
7. Черток В.М., Коцюба А.Е., Невзорова В.А. Биомикроскопия микроциркуляторного русла бульбарной конъюнктивы у курящих людей старшего возраста. *Тихоокеанский медицинский журнал*. 2021; 3(85): 35-39. <http://doi.org/10.34215/1609-1175-2021-3-35-39>
8. Сиротин Б.З., Корнеева Н.В., Явная И.К. Сосудистые эффекты «острого» курения: роль видеобиомикроскопии конъюнктивы в изучении реакций микроциркуляции. *Регионарное кровообращение и микроциркуляция*. 2019; 18(2): 41-48. <http://doi.org/10.24884/1682-6655-2019-18-2-41-48>
9. Овчинникова О.А. Использование дыхательной пробы при анализе микроциркуляции и механизмов ее регуляции методом ЛДФ в норме и при гипоксии. *Вестник Волгоградского государственного медицинского университета*. 2021; 3(79): 108-111. [http://doi.org/10.19163/1994-9480-2021-3\(79\)-108-111](http://doi.org/10.19163/1994-9480-2021-3(79)-108-111)
10. Kalayci M., Cetinkaya E., Suren E., Yigit K., Duman F., Erol M.K. The effect of electronic cigarette smoking on retinal microcirculation: Enlargement of the foveal avascular zone. *Photodiagnosis Photodyn Ther*. 2020; 32: 102068. <http://doi.org/10.1016/j.pdpdt.2020.102068>
11. Yuksel E.P., Yuksel S., Soylu K., Aydin F. Microvascular abnormalities in asymptomatic chronic smokers: A videocapillaroscopic study. *Microvasc Res*. 2019; 124: 51-53. <http://doi.org/10.1016/j.mvr.2019.03.004>
12. Бондарчук А.В., Харах Я.Н., Киракосян Л.Г., Карпова В.М., Арутюнов С.Д. Интегральная характеристика показателей ультразвуковой доплерографии при оценке состояния

- гемодинамики в тканях пародонта. *Пародонтология*. 2022; 27(2): 126-133. <https://doi.org/10.33925/1683-3759-2022-27-2-126-133>
13. Орехова Л.Ю., Косова Е.В., Петров А.А., Косов С.А. Изменение микроциркуляции тканей пародонта у лиц молодого возраста под влиянием табакокурения. *Пародонтология*. 2018; 23(1): 15-18. <https://doi.org/10.25636/PMP.1.2018.1.3>
 14. Giebe S., Hofmann A., Brux M., Lowe F., Breheny D., Morawietz H, Brunssen C. Comparative study of the effects of cigarette smoke versus next generation tobacco and nicotine product extracts on endothelial function. *Redox Biol.* 2021; 47: 102150. <https://doi.org/10.1016/j.redox.2021.102150>
 15. Корнеева Н.В., Сиротин Б.З. Влияние прекращения курения на микроциркуляцию и эндотелиальную дисфункцию у больных ишемической болезнью сердца. *Клиническая медицина*. 2018; 96(8): 718-723. <https://doi.org/10.18821/0023-2149-2018-96-8-718-723>
 16. Беридзе Р.М. *Диагностические особенности изменения общего анализа крови у курящих людей: Инновации в медицине и фармации*. Available at: <http://rep.bsmu.by:8080/handle/BSMU/22517>
 17. Belousov Y.M., Krainov V.P., Revenko S.V. Hydrodynamic model of blood flow in major arteries pulsing in various modes. *Med Biol Eng Comput.* 2021; 59(9): 1785-1794. <https://doi.org/10.1007/s11517-021-02413-y>
 18. Шилкина Н.П. Савина Ж.Е., Юнонин И.Е., Бакучева М.В. Параметры жесткости сосудистой стенки у пациентов с системной красной волчанкой и гипертонической болезнью. *Клиническая фармакология и терапия*. 2012; 21(3): 54-57.
 19. Васильев А.П., Стрельцова Н.Н. Возрастные особенности микрогемодициркуляции. *Региональное кровообращение и микроциркуляция*. 2012; 4(44): 23-27.
 20. Joukar S., Sheibani M. Combinatorial effect of nicotine and black tea on heart rate variability: Useful or harmful? *Auton Autacoid Pharmacol.* 2017; 37(3): 44-48. <https://doi.org/10.1111/aap.12059>
 21. Jensen K.P., Valentine G., Buta E., DeVito E.E., Gelernter J., Sofuoglu M. Biochemical, demographic, and self-reported tobacco-related predictors of the acute heart rate response to nicotine in smokers. *Pharmacol Biochem Behav.* 2018; 173: 36-43. <https://doi.org/10.1016/j.pbb.2018.08.004>
 22. Kondo T., Nakano Y., Adachi S., Murohara T. Effects of Tobacco Smoking on Cardiovascular Disease. *Circ J.* 2019; 83(10): 1980-1985. <https://doi.org/10.1253/circj.CJ-19-0323>

References:

1. Larsson S.C., Burgess S. Appraising the causal role of smoking in multiple diseases: A systematic review and meta-analysis of Mendelian randomization studies. *EBioMedicine*. 2022; 82: 104154. <http://doi.org/10.1016/j.ebiom.2022.104154>
2. Padwal R., Rashead M., Snider J. et al. Worksite-based cardiovascular risk screening and management: a feasibility study. *Vasc Health Risk Manag.* 2017; 13: 209-213. <http://doi.org/10.2147/VHRM.S138800>

3. Global adult tobacco survey, comparison fact sheet Russian Federation 2009 and 2016 (GATS). Comparison-fact-sheet. URL: <http://www.euro.who.int/en/countries/russian-federation>
4. Kuznetsova P.O. Smoking as a factor in reducing life expectancy in Russia. *Demograficheskoe obozrenie*. 2019; 6(3): 31-57. (In Russ).
5. Nath M., Swarnkar P., Sharma R., Kumar A., Misra S., Kumar P. Association of modifiable risk factors with ischaemic stroke subtypes in Asian versus Caucasian populations: A systematic review and meta-analysis. *Eur J Clin Invest*. 2022; 52(11): 13849. <http://doi.org/10.1111/eci.13849>
6. Korneeva N.V. Effect of smoking cessation on the parameters of microcirculation in arterial hypertension. *Kazanskij medicinskij zhurnal*. 2019; 100(3): 402-409. (in Russ). <http://doi.org/10.17816/KMJ2019-402>
7. Chertok V.M., Kocyuba A.E., Nevzorova V.A. Biomicroscopy of the microvasculature of the bulbar conjunctiva in older smokers. *Tihookeanskij medicinskij zhurnal*. 2021; 3(85): 35-39. (In Russ) <http://doi.org/10.34215/1609-1175-2021-3-35-39>
8. Sirotin B.Z., Korneeva N.V., Yavnaya I.K. Vascular effects of «acute» smoking: the role of videobiomicroscopy of the bulbar conjunctiva in studying microcirculation reactions. *Regionarnoe krovoobrashchenie i mikrocirkulyaciya*. 2019; 18(2): 41-48. (In Russ). <http://doi.org/10.24884/1682-6655-2019-18-2-41-48>
9. Ovchinnikova O.A. The use of a respiratory sample in analysis of microcirculation and mechanisms of its regulation by ldf method in normal and in hypoxia. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo medicinskogo universiteta*. 2021; 3(79): 108-111. (In Russ). [http://doi.org/10.19163/1994-9480-2021-3\(79\)-108-111](http://doi.org/10.19163/1994-9480-2021-3(79)-108-111)
10. Kalayci M., Cetinkaya E., Suren E., Yigit K., Duman F., Erol M.K. The effect of electronic cigarette smoking on retinal microcirculation: Enlargement of the foveal avascular zone. *Photodiagnosis Photodyn Ther*. 2020; 32: 102068. <http://doi.org/10.1016/j.pdpdt.2020.102068>
11. Yuksel E.P., Yuksel S., Soyulu K., Aydin F. Microvascular abnormalities in asymptomatic chronic smokers: A videocapillaroscopic study. *Microvasc Res*. 2019; 124: 51-53. <http://doi.org/10.1016/j.mvr.2019.03.004>
12. Bondarchuk A.V., Kharakh Y.N., Kirakosyan L.G., Karpova V.M., Arutyunov S.D. Integral characteristics of Doppler ultrasound parameters in periodontal status assessment. *Parodontologiya*. 2022; 27(2): 126-133. (In Russ.). <https://doi.org/10.33925/1683-3759-2022-27-2-126-133>
13. Orekhova L.Yu., Kosova E.V., Petrov A.A., Kosov S.A. Change in microcirculation of periodontal tissue in young people under the influence of tobacco smoking. *Parodontologiya*. 2018; 23(1): 15-18. (In Russ). <https://doi.org/10.25636/PMP.1.2018.1.3>
14. Giebe S., Hofmann A., Brux M., Lowe F., Breheny D., Morawietz H., Brunssen C. Comparative study of the effects of cigarette smoke versus next generation tobacco and nicotine product extracts on endothelial function. *Redox Biol*. 2021; 47: 102150. <https://doi.org/10.1016/j.redox.2021.102150>

15. Korneeva N.V., Sirotin B.Z. Effect of smoking cessation on microcirculation and endothelial dysfunction in patients with coronary heart disease. *Klinicheskaya medicina*. 2018; 96(8): 718-723. (In Russ). <https://doi.org/10.18821/0023-2149-2018-96-8-718-723>
16. Beridze R.M. *Diagnostic features of changes in the general blood test in smokers: Innovations in medicine and pharmacy*. Available at: <http://rep.bsmu.by:8080/handle/BSMU/22517> (In Russ).
17. Belousov Y.M., Krainov V.P., Revenko S.V. Hydrodynamic model of blood flow in major arteries pulsing in various modes. *Med Biol Eng Comput*. 2021; 59(9): 1785-1794. <https://doi.org/10.1007/s11517-021-02413-y>
18. Shilkina N.P., Savina Zh.E., Yunonin I.E., Bakucheva M.V. Arterial stiffness in patients with systemic lupus erythematosus and essential hypertension. *Klinicheskaya farmakologiya i terapiya*. 2012; 21(3): 54-57. (In Russ).
19. Vasil'ev A.P., Strel'cova N.N. Age-specific features of microhemocirculation. *Regional'noe krovoobrashchenie i mikrocirkulyaciya*. 2012; 4(44): 23-27. (In Russ).
20. Joukar S., Sheibani M. Combinatorial effect of nicotine and black tea on heart rate variability: Useful or harmful? *Auton Autacoid Pharmacol*. 2017; 37(3): 44-48. <https://doi.org/10.1111/aap.12059>
21. Jensen K.P., Valentine G., Buta E., DeVito E.E., Gelernter J., Sofuoglu M. Biochemical, demographic, and self-reported tobacco-related predictors of the acute heart rate response to nicotine in smokers. *Pharmacol Biochem Behav*. 2018; 173: 36-43. <https://doi.org/10.1016/j.pbb.2018.08.004>
22. Kondo T., Nakano Y., Adachi S., Murohara T. Effects of Tobacco Smoking on Cardiovascular Disease. *Circ J*. 2019; 83(10): 1980-1985. <https://10.1253/circj.CJ-19-0323>.

Поступила/Received: 27.06.2023

Принята в печать/Accepted: 27.09.2023

УДК 614.777: 574.63

**МЕТОДЫ (АЛГОРИТМ) ОЦЕНКИ ГИГИЕНИЧЕСКОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ ВОДОЕМОВ, СОДЕРЖАЩИХ ТОКСИНЫ
СИНЕ-ЗЕЛЕННЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ**

Гусев Ю.С.², Сулейманов Р.А.¹, Иванов Д.Е.^{2,3}, Микеров А.Н.^{2,4}, Валеев Т.К.¹

¹ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», Уфа, Россия

²Саратовский МНЦ гигиены ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», Саратов, Россия

³ФГБОУ ВО «Саратовская государственная юридическая академия», Саратов, Россия

⁴ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет имени В.И. Разумовского», Саратов, Россия

Аннотация. Массовое развитие цианобактерий (сине-зеленых водорослей) в водных объектах приводит к образованию в воде широкого спектра токсинов – цианотоксинов, которые снижают качество воды и могут оказывать негативное влияние на состояние здоровья людей. В настоящее время проблема «цветения» водоемов стала более актуальной в связи с глобальным потеплением, когда рост водорослей значительно усиливается.

Цель исследования – обзор современных методов оценки гигиенической безопасности водоемов, содержащих токсины сине-зеленых водорослей.

Материал и методы. В исследовании использован библиографический метод (анализ литературы по проблеме исследования). Проведено обобщение, сравнение, анализ и систематизация эмпирических и теоретических данных. Объект исследования: гигиеническая безопасность рекреационных водоемов и источников водоснабжения населения, содержащих токсины цианобактерий. Материалом исследования послужили современные научные данные о токсическом действии цианотоксинов на человека, низших растений, рыб и беспозвоночных животных, имеющиеся в литературе, а также методах их определения в водоисточниках.

Результаты. Анализ проблемы показывает, что оценка гигиенической безопасности питьевой воды и водоисточников, содержащих цианобактерии, имеет большое значение. В настоящее время не проводится в полном объеме мониторинг токсинов сине-зеленых водорослей в воде водоемов, что может создавать значительные риски для здоровья населения, так как они оказывают нейротоксическое, гепатотоксическое и генотоксическое действие на организм человека. В нашей стране остро стоит проблема нормирования цианотоксинов и внедрения в практику современных методов анализа для проведения мониторинговых исследований. Для совершенствования существующей системы мониторинга за качеством воды водных объектов предложен алгоритм оценки гигиенической безопасности воды.

Ключевые слова: цианотоксины, водоисточники, загрязнение, методы, риск здоровью.

Для цитирования: Гусев Ю.С., Сулейманов Р.А., Иванов Д.Е., Микеров А.Н., Валеев Т.К. Методы (алгоритм) оценки гигиенической безопасности водоемов, содержащих токсины

сине-зеленых водорослей. Медицина труда и экология человека. 2023; 4:128-144.

Для корреспонденции: Валеев Т.К., к.б.н., ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», старший научный сотрудник, valeevtk2011@mail.ru.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10410>

METHODS (ALGORITHM) OF ASSESSMENT OF HYGIENIC SAFETY OF RESERVOIRS CONTAINING BLUE-GREEN ALGAE TOXINS

Gusev Y.S.², Suleymanov R.A.¹, Ivanov D.E.^{2,3}, Mikerov A.N.^{2,4}, Valeev T.K.¹

¹Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, Ufa, Russia

²Saratov Hygiene Medical Research Center of the FSC of Medical and Preventive Health Risk Management Technologies», Saratov, Russia

³Saratov State Law Academy, Saratov, Russia

⁴Razumovskiy Saratov State Medical University, Saratov, Russia

Abstract. *The massive development of cyanobacteria (blue-green algae) in water bodies leads to the formation of a wide range of toxins in the water – cyanotoxins, which reduce water quality and can have a negative impact on human health. Currently, the problem of "blooming" of reservoirs has become more urgent due to global warming, when the growth of algae increases significantly.*

The purpose of the study is to review modern methods for assessing the hygienic safety of reservoirs containing blue–green algae toxins.

Material and methods. *The study uses a bibliographic method (analysis of the literature on the research problem). Generalization, comparison, analysis and systematization of empirical and theoretical data are carried out. The object of research: hygienic safety of recreational reservoirs and public water supply sources containing cyanobacteria toxins. The research material was modern scientific data on the toxic effect of cyanotoxins on humans, lower plants, fish and invertebrates available in the literature, as well as methods for their identification in water sources.*

Results. *The analysis of the existing problem shows that the assessment of the hygienic safety of drinking water and water sources containing cyanobacteria is currently of great importance. Currently, the toxins of blue-green algae in the water of reservoirs are not fully monitored, which can pose significant risks to public health, since they have neurotoxic, hepatotoxic and genotoxic effects on the human body. In our country, there is an acute problem of rationing cyanotoxins and the introduction into practice of modern methods of analysis for monitoring studies. To improve the existing system of monitoring the water quality of water bodies, an algorithm for assessing the hygienic safety of water is proposed.*

Keywords: cyanotoxins, water sources, pollution, methods, health risk.

For citation: Gusev Y.S., Suleymanov R.A., Ivanov D.E., Mikerov A.N., Valeev T.K. Methods (algorithm) of assessment of hygienic safety of reservoirs containing blue-green algae toxins. *Occupational Health and Human Ecology*, 2023; 4:128-144.

For correspondence: Timur K. Valeev, Cand.Sc. (Biology), Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, senior researcher, valeevtk2011@mail.ru

Financing: The study had no financial support.

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

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10410>

Введение. Токсические эффекты сине-зеленых водорослей на диких животных, пьющих воду из австралийского озера впервые описаны в статье Джорджа Фрэнсиса в 1878 году [1]. Токсины могут синтезировать морские, почвенные и пресноводные цианобактерии и их часто обнаруживают в источниках водоснабжения населения, в воде для полива сельскохозяйственных культур и растениях [2,3].

В настоящее время проблема «цветения» водоемов стала более актуальной в связи с глобальным потеплением, когда рост водорослей значительно усиливается [4]. «Цветение водоемов» обычно более выражено в августе и наблюдается во многих регионах России. Помимо источников питьевого водоснабжения, оценка качества воды актуальна и в рекреационных водоемах, которые население использует для отдыха и туризма. В летний период в открытой зоне Саратовского водохранилища отмечено преобладание представителей отдела сине-зеленых водорослей, которые составляли около 74% от общей численности [5].

По химической структуре цианобактериальные токсины в основном подразделяются на циклические пептиды, алкалоиды, липопептиды, небелковые аминокислоты и липогликаны [6]. Многие из них обладают достаточной устойчивостью к физическим факторам, а также способны аккумулироваться в организмах водной экосистемы. Все это создает значительные риски для здоровья населения. Поэтому Всемирная организация здравоохранения в 1997 году установила гигиенический норматив в питьевой воде для токсина микроцистина-LR, который синтезируют различные виды цианобактерий [7].

В последние годы в России врачи-гигиенисты все чаще обращают внимание на проблему оценки рисков для здоровья, связанную с токсинами цианобактерий различных источников водоснабжения населения [8,9,10]. Однако считать данную проблему в России полностью решенной нельзя. Особенно это относится к контролю рекреационных водоемов и источников водоснабжения в малых городах и селах.

Целью настоящей статьи является обзор современных методов оценки гигиенической безопасности водоемов, содержащих токсины сине-зеленых водорослей.

Материалы, объекты и методы исследования. В исследовании использован библиографический метод (анализ литературы по проблеме исследования). Проведено обобщение, сравнение, анализ и систематизация эмпирических и теоретических данных.

Объект исследования: гигиеническая безопасность рекреационных водоемов и источников водоснабжения населения, содержащих токсины цианобактерий.

Материалом исследования послужили современные научные данные о токсическом действии цианотоксинов на человека, низших растений, рыб и беспозвоночных животных, а также методах их определения в водоисточниках. Использовалась информация с сайтов <https://www.sciencedirect.com> и <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>, cyberleninka.ru, [e-library](http://e-library.ru).

Результаты исследований и их обсуждение

1. Проблема нормирования цианотоксинов в воде

Данная проблема является весьма актуальной и в ряде стран разработаны нормативы содержания в воде опасных для здоровья токсинов. В руководстве ВОЗ по оценке качества питьевой воды указано допустимое ежедневное употребление микроцистинов (0,04 мкг/кг массы тела) и предельное содержание в питьевой воде (1 мкг/л) [11]. В рекреационных водоемах количество микроцистинов не должно превышать 10 мкг/л. Существует риск для здоровья населения, если в воде рекреационных водоемов количество клеток цианобактерий достигает 100,000 на 1 мл, а содержание микроцистина - 20 мкг/л [12,13].

В Российской Федерации нет утвержденных нормативов для токсинов сине-зеленых водорослей и санитарно-гигиенический мониторинг их содержания в воде не проводится. Однако имеются работы, посвященные данной проблеме. Так, в работе Егоровой Н.А. и соавт. (2018) проведен анализ данных и обоснование ПДК микроцистина-LR в воде на основе методологии гармонизации гигиенических нормативов. Авторы считают, что для определения ПДК микроцистина-LR в воде может быть использован санитарно-токсикологический показатель вредности, соответствующий современным научным представлениям (1 мкг/л) [9].

Многие государства придерживаются этого показателя, но есть и страны, в которых утверждены свои национальные нормативы микроцистина-LR в воде. Так, в Канаде – 1,5 мкг/л [14,15], а в Австралии – 1,3 мкг/л [16]. В разных регионах США также имеются различия данного норматива, например, в Миннесоте – 0,04 мкг/л, а в Орегоне – 1 мкг/л [17,18,19]. Национальным агентством по охране окружающей среды США (EPA) разработаны нормативные документы, руководства по контролю и мониторингу цианотоксинов и цианобактерий в воде [20-27].

2. Биохимические методы изучения токсинов сине-зеленых водорослей

Наиболее перспективными методами мониторинга цианотоксинов и цианобактерий в водоисточниках являются [27,28]:

1. твердофазный иммуноферментный анализ (ELISA);
2. методы высокоэффективной жидкостной хроматографии с обращенной фазой в сочетании с масс-спектрометрическим или матричным ультрафиолетовым/фотодиодным детектором;
3. анализ ингибирования протеинфосфатаз;
4. жидкостная хроматография/масс-спектрометрия;
5. количественная полимеразная цепная реакция и микрочипирование/ДНК-чипов;
6. метод подсчета количества клеток цианобактерий с помощью световой микроскопии.

Иммуноферментный анализ наиболее подходит для скрининга цианотоксинов различных водоисточников и в настоящее время это наиболее доступный и разработанный метод [29].

Н.Ю. Степанова с соавт. [30] определяли в пробах воды методом непрямого иммуносорбентного анализа (ELISA) концентрацию внутриклеточного микроцистина с регистрацией на иммуноферментом анализаторе УНИПЛАН (АИФР-01). Максимальное содержание микроцистина в изученных пробах воды рекреационных зон и района водозабора г. Казань составляло 5,72 мкг/л. Рассчитана численность цианобактерий (21 млн кл/л), ниже которой не наблюдается превышение нормативов содержания микроцистина.

Н.В. Кузь [10] разработала методику определения содержания микроцистина-LR в воде методом иммуноферментного анализа с фотометрической детекцией, позволяющую определять микроцистин-LR в концентрации 0,1 мкг/дм³.

Некоторые роды сине-зеленых водорослей могут синтезировать сакситоксины («паралитические яды моллюсков»). М. Raposo et al [31] разработали на основе фермента карбамоилазы биосенсор для их обнаружения.

Наиболее подробное описание методов определения цианотоксинов в воде, тканях рыб, фитопланктоне и беспозвоночных животных приведено в статье D. Sundaravadivelu et al [32]. Авторы отмечают, что количественная оценка цианотоксинов в поверхностных водах, тканях рыб, органах и других объектах имеет решающее значение для оценки риска здоровью людей при употреблении пищевых продуктов и воды. Для обнаружения/количественного определения токсинов в воде чаще всего используются стандартизированные методы иммуноферментного анализа (ELISA) и жидкостной хроматографии с тандемной масс-спектрометрией, которые разработаны Агентством по охране окружающей среды США и Международной организацией по стандартизации (ISO).

Применение разных видов иммуноферментного анализа для изучения токсина цианобактерий микроцистина-LR в пробах воды рассмотрено в статье Н. Zhang et al [33]. Классический иммуноферментный анализ можно использовать только для анализа жидких проб, включая природную и водопроводную воду. Традиционные иммуноанализы в сочетании с современными оптическими материалами, дают оптический сигнал для обнаружения микроцистина-LR в воде. Такой метод можно определить как «современный иммуноанализ с оптическим сигналом». В имеющихся опубликованных исследованиях оптические сигналы, используемые в современном иммуноанализе, включают колориметрический, флуоресцентный и хемилюминесцентный иммуноанализ. В современных иммуноанализах с электрическим сигналом в качестве носителей часто используются иммуносенсоры. В качестве компактного аналитического устройства иммуносенсор сочетает в себе технологию высокочувствительного восприятия со специфическим иммунным ответом для мониторинга реакции антигенов и антител. Среди всех иммуносенсоров электрохимический иммуносенсор является одним из наиболее подходящих вариантов из-за его простоты подготовки и эксплуатации, а также быстрого обнаружения. Иммуноэлектрод является основным компонентом.

N.A. Hammoud et al [34] исследовали цианотоксины искусственного озера в Ливане, где наблюдается интенсивное цветение цианобактерий. В воде и рыбе, собранной в период с 2019 по 2020 год, определяли микроцистины, анатоксин-а, цилиндропермопсин, нодуларин. Для анализа проб воды из озера использовали комплекс методов, включающий жидкостную хроматографию и масс-спектрометрию, иммуноферментный анализ, оценку ингибирования протеинфосфатаз, молекулярную детекцию цианобактерий и генов токсинов с помощью метода полимеразной цепной реакции (ПЦР). Иммуноферментный анализ микроцистинов проводили с использованием набора Microcystins-ADDA ELISA (Eurofins-Abraxis, Warminster, PA, USA) в 96-луночных микропланшетах с использованием ридера Infinite M200 (Tecan, Männedorf, Швейцария). Жидкостный хроматограф (Finnigan Surveyor) был оснащен автодозатором AS (Thermo, Массачусетс, США) в сочетании с трехступенчатым масс-спектрометром TSQ Quantum Discovery Max (Thermo, Массачусетс, США) с ионизацией электрораспылением (источник ESI). Для определения внеклеточных микроцистинов пробы воды фильтровали через фильтры из стекловолокна диаметром 47 мм (Millipore) и анализировали без дополнительной обработки. Было выявлено одиннадцать микроцистинов, а цилиндропермопсин, анатоксин-а и нодуларин не обнаружены.

3. Биологические методы изучения токсинов цианобактерий

Кроме химических методов, при изучении токсических эффектов сине-зеленых водорослей применяются разнообразные методы биотестирования [35,36]. Так, в статье L. Blaha et al [37] рассмотрены тест-объекты, относящиеся к различным видам. Оценка токсичности воды может производиться на разных уровнях организации с помощью клеток, тканей и целых организмов. Авторы приходят к заключению, что биотестирование вполне подходит для первичного скрининга токсичности; особенно когда существует вероятность присутствия в воде малоизученных сильно токсичных метаболитов цианотоксинов и имеются проблемы с применением адекватных методов химического анализа. Использование комбинации обоих подходов (химический анализ и оценка токсичности экстрактов) представляется наилучшим способом мониторинга.

B. Marsalek, L. Blaha [38] провели сравнение чувствительности различных методов биотестирования острой токсичности экстрактов сине-зеленых водорослей вида *Microcystis*. Установлено, что наибольшей чувствительностью к цианотоксинам обладает биотест с рачком *Thamnocephalus platyurus*. На втором месте по чувствительности оказались тесты с простейшими *Spirostomum ambiguum*, *Tetrahymena termophyla*, плодовой мушкой *Drosophila melanogaster* и рачком *Daphnia pulex*. Менее чувствительными оказались биотесты с олигохетой *Tubifex tubifex* и коловраткой *Brachionus calyciflorus*.

D. Blagojević et al [39] провели исследование токсичности неочищенных экстрактов 11 штаммов цианобактерий разных родов. В качестве тест-объектов использовали клетки гепатоцеллюлярной карциномы человека HepG2, печени радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) RTL-W1, ракообразных (*Daphnia magna* и *Artemia salina*) и эмбрионов рыбок Данио (*Danio rerio*). Токсичность оценивали также с помощью анализа ингибирования протеинфосфатазы и иммуноферментного теста (ELISA). Все протестированные штаммы проявляли токсичность в отношении клеточной линии HepG2 (IC50 от 35 до 702 мкг/мл),

включая штаммы *Arthrospira* (*Spirulina*), тогда как токсичность в отношении клеток RTL-W1 была обнаружена только в положительном эталоне *Microcystis* PCC 7806 и *Nostoc* 2S9B. Тестируемые штаммы проявляли более высокую токсичность по отношению к эмбрионам *D. magna* и рыб по сравнению с *A. salina*, при этом *Nostoc* LC1B и *Nostoc* S8 относились к наиболее токсичным штаммам. Соединения, ингибирующие протеинфосфатазы, были обнаружены только у четырех штаммов (*Microcystis* PCC 7806, *Oscillatoria* K3, *Nostoc* LC1B и *Nostoc* S8). Полученные результаты свидетельствуют о том, что клеточная линия HepG2 является особенно подходящей моделью для оценки цианобактериальной токсичности.

Возможности и ограничения применения культур клеток для биотестирования различных групп цианотоксинов рассмотрены в статье I. Szdova et al [40]. В обзоре приведены данные о цитотоксичности эругинозинов, анатоксинов, бета-N-метиламин-L-аланина, цилиндроспермопсина, депсипептидов, липополисахаридов, лингбиатоксинов, микроцистинов, нодуляринов, цианобактериальных ретиноидов и сакситоксинов. Среди ограничений применения культур для оценки цитотоксичности отмечены невозможность выявления всех эффектов цианотоксинов в организме человека, который содержит различные типы клеток. В культуре клеток не учитывается влияние нейрогуморальных регуляций, которые имеются в организме человека и их невозможно моделировать при культивировании. Такие параметры, как LC50 или LD50, различаются для клеток в культуре и организма человека.

Токсины сине-зеленых водорослей оказывают влияние на представителей водной биоты, которые часто используются как тест-объекты в биотестировании. *Daphnia magna* питается зоопланктоном и выживает в водоемах с умеренной плотностью цианобактерий. Токсины снижают скорость фильтрации пищи, ингибируют пищеварительные протеазы и в некоторых случаях вызывают гибель беспозвоночных [41].

B. Pawlik-Skowrońska et al [42] провели сравнительное исследование выживаемости *Brachionus calyciflorus* Pallas (Rotifera) и *Daphnia pulex* Leyding (Cladocera), которые подвергались воздействию чистого микроцистина - LR, анатоксина-а и экстрактов, полученных из цианобактерий *Microcystis*, *Planktothrix* и *Dolichospermum*. Полученные результаты выявили различную реакцию организмов. Токсичность экстрактов для беспозвоночных была выше, чем у чистых цианотоксинов и зависела от состава метаболитов цианобактерий: экстракт *Microcystis* sp, содержащий анабенопептины А и В, эругинозамид, четыре варианта цианопептолинов и пять микроцистинов, не был токсичным ни для одного из организмов, тогда как экстракт *Planktothrix agardhii*, содержащий анабенопептины А, В, F, 915, осцилламид, пять различных эругинозинов и четыре варианта микроцистинов, оказался токсичным. Токсическое действие этого экстракта было более выражено для дафний и менее – для коловраток.

В работе T. Son Dao et al [43] проведено детальное изучение хронического действия токсинов цианобактерий на дафний. Животные подвергались хроническому воздействию в течение двух поколений либо микроцистина-LR в дозе 5 или 50 мкг/л, либо неочищенного экстракта цианобактерий, содержащего такое же количество общего микроцистина, начиная со стадии рождения. Выживаемость, рост, созревание и плодовитость наблюдали у первого

поколения в течение двух месяцев. За выживанием, созреванием и ростом потомства следили в течение первой недели. Низкая концентрация микроцистина-LR незначительно влияла на рост и размножение дафний. Выживаемость снижалась при хроническом воздействии с увеличением концентрации микроцистина. Возраст до зрелости потомства увеличивался, а их выживаемость снижалась после того, как родительское поколение подвергалось воздействию токсина, даже если потомство выращивалось в контрольной среде. Кроме того, зафиксированы пороки развития новорожденных, вызванные цианобактериальными токсинами.

A. Schwarzenberger и D. Martin-Creuzburg [44, 45] провели исследование негативных эффектов цианотоксинов на адаптивные реакции дафний, которые используют в пищу некоторые виды сине-зеленых водорослей. Было изучено влияние анатоксин- α -продуцирующей водоросли *Tychonema* на параметры жизненного цикла *D. magna* и экспрессию генов никотин-ацетилхолиновых рецепторов. Воздействие водоросли снизило темпы роста клонов и увеличило экспрессию генов рецепторов. Некоторые антропогенные загрязнители, которые также влияют на рецепторы, могут снижать устойчивость дафний к анатоксину- α .

A. Sierosławska et al [46] провели биотестирование токсичности экстрактов сине-зеленых водорослей на ракообразных, коловратках (*Brachionus*) и инфузориях. Чувствительность тест-объектов к токсинам цианобактерий значительно различалась. Наибольшая чувствительность обнаружена у *Thamnocephalus platyurus*.

В Российской Федерации ряд методов биоиндикации и биотестирования (на дафниях, водорослях и рыбах) рекомендованы для оценки токсического влияния фитоценозов планктона на формирование качества поверхностных вод суши⁸.

Имеющиеся данные литературы свидетельствуют о том, что применение одних только химических методов анализа недостаточно для оценки качества водоисточников.

Как химические, так и биологические методы имеют свои ограничения и преимущества. Наиболее достоверным методом идентификации токсинов цианобактерий является сочетание жидкостной хроматографии и масс-спектрометрии. Однако химический анализ достаточно дорогой и длительный, не учитывается синергическое действие веществ и возможное наличие продуктов трансформации, обладающих значительной токсичностью. Методы биотестирования оценивают интегральную токсичность воды, т.е. влияние на тест-организм всех загрязняющих веществ, которые содержатся в изучаемых пробах. Организмы, используемые для биотестирования, обладают различной чувствительностью к токсикантам, и существует проблема переноса полученных с помощью простейших тест-объектов данных на человека. Это создает определенные сложности для принятия управленческих решений в сфере водопользования.

1. Для мониторинга токсичности водоисточников в период «цветения» можно предложить следующий алгоритм (рис. 1). Согласно данному алгоритму, первоначально целесообразно определить количество и видовой состав сине-зеленых водорослей в пробе

⁸ Р 52.24.809.2014. Рекомендации. Методы оценки токсического влияния фитоценозов планктона на формирование качества поверхностных вод суши (введены в действие Приказом Росгидромета от 23.04.2014 N 204). Дата актуализации: 01.01.2021.

воды. Если количество клеток цианобактерий превышает 20000 в 1 мл пробы воды, то проводится биотестирование на хлорелле⁹, дафниях¹⁰ и половых клетках быка¹¹. При обнаружении токсичности проводится количественный и качественный анализ (иммуноферментный анализ, жидкостная хроматография, масс-спектрометрия) для идентификации загрязнителей.

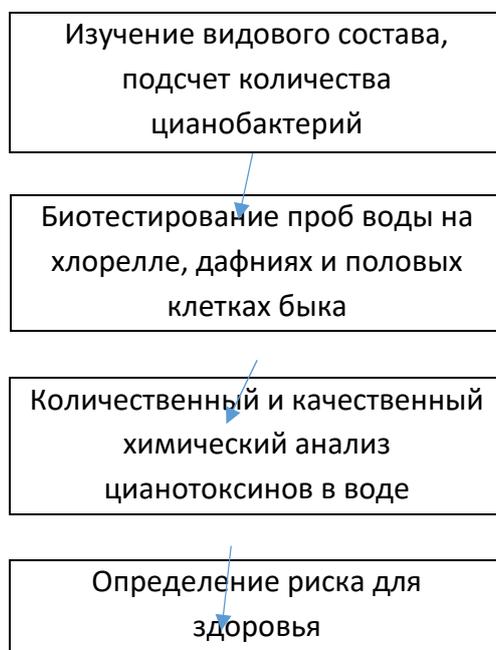


Рис 1. Алгоритм оценки гигиенической безопасности воды

Fig. 1. Algorithm for assessing the hygienic safety of water

Заключение. Анализ имеющейся проблемы показывает, что оценка гигиенической безопасности питьевой воды и водоресурсов, содержащих цианобактерии, в настоящее время имеет большое значение. На практике, как правило, в России не проводится в полном объеме мониторинг токсинов сине-зеленых водорослей. Это создает значительные риски для здоровья населения, так как они оказывают нейротоксическое, гепатотоксическое и генотоксическое действие на организм человека. В нашей стране остро стоит проблема нормирования цианотоксинов и внедрения в практику современных методов анализа для проведения мониторинговых исследований.

⁹ ПНД ФТ 14.1:2:3:4.10 - 04 (Т 16.1:2:2.3:3.7 - 04). Токсикологические методы контроля. Методика измерений оптической плотности культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer) для определения токсичности питьевых, пресных природных и сточных вод, водных вытяжек из грунтов, почв, осадков сточных вод, отходов производства и потребления. М.: Стандартинформ, 2014: 38.

¹⁰ ФР.1.39.2007.03222. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости дафний. Москва. «АКВАРОС» 2007.

¹¹ Методика выполнения измерений индекса токсичности почв, почвогрунтов, вод и отходов по изменению подвижности половых клеток млекопитающих in vitro. М. МГУ.2009: 30. ФР.1.31.2009.06301; ПНД Ф 14.1:2:4:15 - 09; 16.1:2:2.3:3.13 - 09.

Наиболее полное представление о гигиенической безопасности воды можно получить только на основе комплексного исследования, включающего количественный и качественный химический анализ, методы биоиндикации и биотестирования.

Список литературы:

1. Francis G. Poisonous Australian Lake. *Nature*. v.18, p. 11–12 (1878). <https://doi.org/10.1038/018011d0> ID: 46276288.
2. Mulalo Mutoti, Jabulani Gumbo, Afam Israel Obiefuna Jideani. Occurrence of cyanobacteria in water used for food production: A review // *Physics and Chemistry of the Earth*. 2022;125:1-10. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2021.103101>.
3. Beversdorf L.J., Rude K., Weirich C.A., Bartlett S.L., Seaman M., Kozik C., Biese P., Gosz T., Suha M., Stempa C., Shaw C., Hedman C., Piatt J.J., Miller T.R. Analysis of cyanobacterial metabolites in surface and raw drinking waters reveals more than microcystin. *Water Res.* 2018; 140: 280–290. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.04.032>.
4. Rigosi A., Carey C.C., Ibelings B.W., Brookes J.D. (2014) The interaction between climate warming and eutrophication to promote cyanobacteria is dependent on trophic state and varies among taxa. *Limnol. Oceanogr.* 2014; 59:99–114.
5. Кривина Е.С., Тарасова Н.Г. Фитопланктон Саратовского водохранилища: таксономический состав и эколого-географическая характеристика. Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2013; Т.22(2): 47-62.
6. Xingde Du, Haohao Liu, Le Yuan, Yueqin Wang, Ya Ma, Rui Wang, Xinghai Chen, Michael D. Losiewicz, Hongxiang Guo, Huizhen Zhang. The Diversity of Cyanobacterial Toxins on Structural Characterization, Distribution and Identification: A Systematic Review. *Toxins*. 2019; 11: 530; doi:10.3390/toxins11090530.
7. World Health Organization. Guidelines for Safe Recreational Water Environments. Coastal and Fresh Waters. Vol.1: Geneva: World Health Organization. 2003. 219 p.
8. Жолдакова З.И., Л.В. Дерябина, О.О. Сеницына, Е.А. Пряхин, Г.А. Тряпицына, С.С. Андреев, Е.В. Сафонова, И.А. Коломиец, В.А. Ячменев. Влияние токсинов цианобактерий рода *Microcystis* Шершневского водохранилища на ДНК, клеточный цикл и апоптоз клеток костного мозга у мышей линии СВА. *Гигиена и санитария*, 2008; № 4:69—72.
9. Егорова Н.А., Кузь Н.В., Сеницына О.О. Материалы к обоснованию гигиенического норматива микроцистина-LR в воде водных объектов. *Гигиена и санитария*. 2018; 97(11): 1046-52. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-11-1046-52>.
10. Кузь Н.В. Научное обоснование гигиенических рекомендаций по контролю и снижению загрязнения питьевой воды цианобактериями и цианотоксинами. 2019. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата медицинских наук. 14.02.01-Гигиена. 25 с.
11. World Health Organization (WHO). Guidelines for drinking water quality. 4th ed. Geneva: WHO, 2011. 541p.

12. World Health Organization (WHO). 1999. Toxic Cyanobacteria in Water // A Guide to their Public Health Consequences, Monitoring, and Management. I. Chorus and J. Bartram, (Eds.). E&FN Spon, London, UK.
13. World Health Organization (WHO). 2003. Cyanobacterial Toxins: Microcystin-LR in Drinking Water. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. World Health Organization, 20 Avenue Appia, 1211 Geneva 27, Switzerland.
14. Guidelines for Canadian Drinking Water Quality // Supporting Documentation Cyanobacterial Toxins Microcystin-LR (Health Canada, 2002). <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/publications/vie-saine/recommandations-pour-qualite-eau-potable-canada-document-technique-toxines-cyanobacteriennes-document.html>
15. Guidelines for Canadian Drinking Water Quality // Guideline Technical Document. Cyanobacterial Toxins in Drinking Water. January 2016. 171c.
16. Australian Drinking Water Guidelines 6 (NHMRC, NRMCC, 2011). NHMRC, NRMCC (2011) Australian Drinking Water // Guidelines Paper 6 National Water Quality Management Strategy. National Health and Medical Research Council, National Resource Management Ministerial Council, Commonwealth of Australia, Canberra.
17. Minnesota Department of Health Drinking Water Protection. <http://www.health.state.mn.us/water>. 2012.
18. Public Health Advisory Guidelines, Harmful Algae Blooms in Freshwater Bodies. (OHA, 2015). Oregon Health Authority: Algae Resources for Drinking Water website (includes monitoring guidelines) <http://public.health.oregon.gov/HealthyEnvironments/DrinkingWater/Operations/Treatment/Pages/algae.aspx>
19. Oregon Public Health Division: Sampling Guidelines for Cyanobacterial Harmful Algal Blooms in Recreational Waters, October 2012 <http://public.health.oregon.gov/HealthyEnvironments/Recreation/HarmfulAlgaeBlooms/Documents/HA%20Sampling%20Guidance%201032014.pdf>
20. U.S. EPA (United States Environmental Protection Agency). (2015a). Health Effects Support Document for the Cyanobacterial Toxin Microcystin. EPA-820R1502, Washington, DC; 2015. Available from: <http://www2.epa.gov/nutrient-policy-data/health-andecological-effects>
21. U.S. EPA (United States Environmental Protection Agency). (2015b). Recommendations for Public Water Systems to Manage Cyanotoxins in Drinking Water. EPA-815R15010, Washington, DC; 2015. Available from: <http://www2.epa.gov/nutrient-policy-data/guidelines-and-recommendations>
22. Drobac D., Tokodi N., Simenovic J., Baltic V., Stanic D., Svircev Z. Human exposure to cyanotoxins and their effects on health. Arh. Hig. Rada. Toksikol. 2013; V. 64: 305–316.
23. Burch M.D. Effective doses, guidelines and regulations. Adv. Exp. Med. Biol. 2008; V. 619: 831–853.
24. EPA. 2015a. Drinking Water Health Advisory for the Cyanobacterial Toxin Microcystin. Office of Water Mail Code 4304T. EPA 820R15100. June 2015.

25. EPA. 2015b. Drinking Water Health Advisory for the Cyanobacterial Toxin Cylindrospermopsin. EPA 820R15101.
26. EPA. 2017. Sampling Guidance for Unknown Contaminants in Drinking Water, EPA-817-R-08-003.
27. Recommendations for Cyanobacteria and Cyanotoxin Monitoring in Recreational Waters. Office of Water EPA 823-R-19-001 September 2019. www.epa.gov.
28. U.S. EPA (United States Environmental Protection Agency). (2015c) Method 544. Determination of Microcystins and Nodularin in Drinking Water by Solid Phase Extraction and Liquid Chromatography/Tandem Mass Spectrometry (LC/MS/MS). Version 1.0, EPA/600/R14/474, Cincinnati, OH. Available from: http://www.epa.gov/nerlcwww/documents/Method544_Final.pdf
29. Hawkins P.R., Novic S., Cox P., Neilan B.A., Burns B.P., Shaw G., Wickramasinghe W., Peerapornpisal Y., Ruangyuttikarn W., Itayama T., Saitou T., Mizouchi M. and Inamori Y. A review of analytical methods for assessing the public health risk from microcystin in the aquatic environment. *Journal of water supply: research and technology*. 2005; V. 54: 509–518.
30. Степанова Н.Ю., Халиуллина Л.Ю., Никитин О.В., Латыпова В.З. Структура и токсичность цианобактерий в рекреационных зонах водоемов казанского региона. *Вода: химия и экология*. 2012; №11: 67-72.
31. Mariana Raposo, Maria João Botelho, Sara T. Costa, Maria Teresa S. R. Gomes, Alisa Rudnitskaya. A Carbamoylase-Based Bioassay for the Detection of Paralytic Shellfish Poisoning Toxins. *Sensors*. 2020; 20: 507. doi:10.3390/s20020507.
32. Sundaravadivelu, D.; Sanan, T.T.; Venkatapathy, R.; Mash, H.; Tettenhorst, D.; DAnglada, L.; Frey, S.; Tatters, A.O.; Lazorchak, J. Determination of Cyanotoxins and Prymnesins in Water, Fish Tissue, and Other Matrices: A Review. *Toxins*. 2022; 14: 213. <https://doi.org/10.3390/toxins14030213>.
33. Huixia Zhang, Bingyan Li, Yipeng Liu, Huiyan Chuan, Yong Liu, Ping Xie. Immunoassay technology: Research progress in microcystin-LR detection in water samples. *Journal of Hazardous Materials*. Volume 424, Part B, 15 February 2022, 127406. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.127406>.
34. Hammoud, N.A.; Zervou, S.-K.; Kaloudis, T.; Christophoridis, C.; Paraskevopoulou, A.; Triantis, T.M.; Slim, K.; Szpunar, J.; Fadel, A.; Lobinski, R. Investigation of the Occurrence of Cyanotoxins in Lake Karaoun (Lebanon) by Mass Spectrometry, Bioassays and Molecular Methods. *Toxins*. 2021; 13: 716. <https://doi.org/10.3390/toxins13100716>.
35. Agrawal M, Yadav S, Patel C, Raipuria N, Agrawal MK. Bioassay methods to identify the presence of cyanotoxins in drinking water supplies and their removal strategies. *Eur. J. Exp. Biol.* 2012; 2:321–336.
36. Калинникова, Т.Б., Гайнутдинов, М.Х., Шагидуллин, Р.Р. Методы биотестирования токсинов, продуцируемых цианобактериями. *Российский журнал прикладной экологии*. 2018 (2):35-46.

37. Ludek Blaha, Ana Maria, Valérie Fessard, Daniel Gutiérrez-Praena, Angeles Jos, Benjamin Marie, James Metcalf, Silvia Pichardo, Maria Puerto, Andrea Torokne, Andrea Torokne, Gabor Vasas, Bojana Zegura. Bioassay Use in the Field of Toxic Cyanobacteria. Handbook of Cyanobacterial Monitoring and Cyanotoxin Analysis. J. Meriluoto, L. Spoof, G.A. Codd (eds.), 2017. John Wiley & Sons Ltd. P. 394-404.
38. Marsalek B., Blaha L. Comparison of 17 biotests for detection of cyanobacterial toxicity. Environmental toxicology. 2004. 19(4): 310-317.
39. Dajana Blagojević, Olivera Babić, Sonja Kaišarević, Bojana Stanić, Varja Mihajlović, Petar Davidović, Petra Marić, Tvrtko Smital Jelica Simeunović. Evaluation of cyanobacterial toxicity using different biotests and protein phosphatase inhibition assay. Environmental Science and Pollution Research. 2021; v. 28: 49220–49231.
40. Iliyana Sazdova, Milena Keremidarska-Markova, Mariela Chichova, Blagoy Uzunov, Georgi Nikolaev, Mitko Mladenov, Rudolf Schubert, Maya Stoyneva-Gartner, Hristo S. Gagov. Review of Cyanotoxicity Studies Based on Cell Cultures. Journal of Toxicology. Volume 2022, Article ID 5647178, p. 1-17. <https://doi.org/10.1155/2022/5647178>.
41. Smutná M, Babica P, Jarque S, Hilscherová K, Maršálek B, Haeba M, Bláha L Acute, chronic and reproductive toxicity of complex cyanobacterial blooms in *Daphnia magna* and the role of microcystins. Toxicon. 2014. 79:11–18.
42. Barbara Pawlik-Skowrońska, Magdalena Toporowska, Hanna Mazur-Marzec. Effects of secondary metabolites produced by different cyanobacterial populations on the freshwater zooplankters *Brachionus calyciflorus* and *Daphnia pulex*. Environmental Science and Pollution Research. 2019. 26:11793–11804 <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04543-1>.
43. Thanh Son Dao, Lan-Chi Do-Hong, Claudia Wiegand. Chronic effects of cyanobacterial toxins on *Daphnia magna* and their offspring. Toxicon. 2010. V. 55, Issue 7, P. 1244-1254. doi: 10.1016/j.toxicon.2010.01.014.
44. Schwarzenberger A., Martin-Creuzburg D. *Daphnia's* Adaptive Molecular Responses to the Cyanobacterial Neurotoxin Anatoxin- α Are Maternally Transferred. Toxins. 2021, 13, 326. <https://doi.org/10.3390/toxins13050326>.
45. Schwarzenberger A. Negative Effects of Cyanotoxins and Adaptative Responses of *Daphnia*. Toxins 2022, 14, 770. <https://doi.org/10.3390/toxins14110770>.
46. Sierosławska A., Rymuszka A., Skowroński T. Application of Biotests in Cyanobacterial Extract Toxicity Assessment Archives of Environmental Protection. 2014; V. 40 (3):115 – 121. DOI: 10.2478/aep-2014-0028.

References:

1. Francis G. Poisonous Australian Lake. Nature. v.18, p. 11–12 (1878). <https://doi.org/10.1038/018011d0> ID: 46276288.
2. Mulalo Mutoti, Jabulani Gumbo, Afam Israel Obiefuna Jideani. Occurrence of cyanobacteria in water used for food production: A review // Physics and Chemistry of the Earth. 2022;125:1-10. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2021.103101>.

3. Beversdorf L.J., Rude K., Weirich C.A., Bartlett S.L., Seaman M., Kozik C., Biese P., Gosz T., Suha M., Stempa C., Shaw C., Hedman C., Piatt J.J., Miller T.R. Analysis of cyanobacterial metabolites in surface and raw drinking waters reveals more than microcystin. *Water Res.* 2018; 140: 280–290. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.04.032>.
4. Rigosi A., Carey C.C., Ibelings B.W., Brookes J.D. (2014) The interaction between climate warming and eutrophication to promote cyanobacteria is dependent on trophic state and varies among taxa. *Limnol. Oceanogr.* 2014; 59:99–114.
5. Krivina E.S., Tarasova N.G. Phytoplankton of the Saratov Reservoir: taxonomic composition and ecological and geographical characteristics. *Samarskaya Luka: problemy regional'noj i global'noj ekologii.* 2013; T.22 (2): 47-62.
6. Xingde Du, Haohao Liu, Le Yuan, Yueqin Wang, Ya Ma, Rui Wang, Xinghai Chen, Michael D. Losiewicz, Hongxiang Guo, Huizhen Zhang. The Diversity of Cyanobacterial Toxins on Structural Characterization, Distribution and Identification: A Systematic Review. *Toxins.* 2019; 11: 530. doi:10.3390/toxins11090530.
7. World Health Organization. Guidelines for Safe Recreational Water Environments. Coastal and Fresh Waters. Vol.1: Geneva: World Health Organization. 2003. 219 p.
8. Zholdakova Z.I., L.V. Deryabina, O.O. Sinicyna, E.A. Pryaxin, G.A. Tryapicyna, S.S. Andreev, E.V. Safonova, I.A. Kolomiecz, V.A. Yachmenev. Effect of toxins from cyanobacteria of the genus *Microcystis* from the Shershnevsky Reservoir on DNA, cell cycle and apoptosis of bone marrow cells in CBA mice. *Gigiena i sanitariya.* 2008; № 4: 69-72.
9. Egorova N.A., Kuz` N.V., Sinicyna O.O. Materials for the substantiation of the hygienic standard for microcystin-LR in the water of water bodies. // *Gigiena i sanitariya.* 2018; 97(11): 1046-52. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-11-1046-52>.
10. Kuz` N.V. Scientific substantiation of hygienic recommendations for the control and reduction of drinking water contamination by cyanobacteria and cyanotoxins. 2019. PhD thesis abstract (Medicine4). 14.02.01- *Gigiena.* 25 s.
11. World Health Organization (WHO). Guidelines for drinking water quality. 4th ed. Geneva: WHO, 2011. 541p.
12. World Health Organization (WHO). 1999. Toxic Cyanobacteria in Water // A Guide to their Public Health Consequences, Monitoring, and Management. I. Chorus and J. Bartram, (Eds.). E&FN Spon, London, UK.
13. World Health Organization (WHO).2003. Cyanobacterial Toxins: Microcystin-LR in Drinking Water. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. World Health Organization, 20 Avenue Appia, 1211 Geneva 27, Switzerland.
14. Guidelines for Canadian Drinking Water Quality // Supporting Documentation Cyanobacterial Toxins Microcystin-LR (Health Canada, 2002). <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/publications/vie-saine/recommandations-pour-qualite-eau-potable-canada-document-technique-toxines-cyanobacteriennes-document.html>
15. Guidelines for Canadian Drinking Water Quality // Guideline Technical Document. Cyanobacterial Toxins in Drinking Water. January 2016. 171c.

16. Australian Drinking Water Guidelines 6 (NHMRC, NRMMC, 2011). NHMRC, NRMMC (2011) Australian Drinking Water // Guidelines Paper 6 National Water Quality Management Strategy. National Health and Medical Research Council, National Resource Management Ministerial Council, Commonwealth of Australia, Canberra.
17. Minnesota Department of Health Drinking Water Protection. <http://www.health.state.mn.us/water>. 2012.
18. Public Health Advisory Guidelines, Harmful Algae Blooms in Freshwater Bodies. (OHA, 2015). Oregon Health Authority: Algae Resources for Drinking Water website (includes monitoring guidelines) <http://public.health.oregon.gov/HealthyEnvironments/DrinkingWater/Operations/Treatment/Pages/algae.aspx>
19. Oregon Public Health Division: Sampling Guidelines for Cyanobacterial Harmful Algal Blooms in Recreational Waters, October 2012 <http://public.health.oregon.gov/HealthyEnvironments/Recreation/HarmfulAlgaeBlooms/Documents/HA%20Sampling%20Guidance%2001032014.pdf>
20. U.S. EPA (United States Environmental Protection Agency). (2015a). Health Effects Support Document for the Cyanobacterial Toxin Microcystin. EPA-820R1502, Washington, DC; 2015. Available from: <http://www2.epa.gov/nutrient-policy-data/health-andecological-effects>
21. U.S. EPA (United States Environmental Protection Agency). (2015b). Recommendations for Public Water Systems to Manage Cyanotoxins in Drinking Water. EPA-815R15010, Washington, DC; 2015. Available from: <http://www2.epa.gov/nutrient-policy-data/guidelines-and-recommendations>
22. Drobac D., Tokodi N., Simenovic J., Baltic V., Stanic D., Svircev Z. Human exposure to cyanotoxins and their effects on health. Arh. Hig. Rada. Toksikol. 2013; V. 64: 305–316.
23. Burch M.D. Effective doses, guidelines and regulations. Adv. Exp. Med. Biol. 2008; V. 619: 831–853.
24. EPA. 2015a. Drinking Water Health Advisory for the Cyanobacterial Toxin Microcystin. Office of Water Mail Code 4304T. EPA 820R15100. June 2015.
25. EPA. 2015b. Drinking Water Health Advisory for the Cyanobacterial Toxin Cylindrospermopsin. EPA 820R15101.
26. EPA. 2017. Sampling Guidance for Unknown Contaminants in Drinking Water, EPA-817-R-08-003.
27. Recommendations for Cyanobacteria and Cyanotoxin Monitoring in Recreational Waters. Office of Water EPA 823-R-19-001 September 2019. www.epa.gov.
28. U.S. EPA (United States Environmental Protection Agency). (2015c) Method 544. Determination of Microcystins and Nodularin in Drinking Water by Solid Phase Extraction and Liquid Chromatography/Tandem Mass Spectrometry (LC/MS/MS). Version 1.0, EPA/600/R14/474, Cincinnati, OH. Available from: http://www.epa.gov/nerlcwww/documents/Method544_Final.pdf
29. Hawkins P.R., Novic S., Cox P., Neilan B.A., Burns B.P., Shaw G., Wickramasinghe W., Peerapornpisal Y., Ruangyuttikarn W., Itayama T., Saitou T., Mizouchi M. and Inamori Y. A

- review of analytical methods for assessing the public health risk from microcystin in the aquatic environment // *Journal of water supply: research and technology*. 2005; V. 54: 509–518.
30. Stepanova N.Yu., Xaliullina L.Yu., Nikitin O.V., Laty`pova V.Z. Structure and toxicity of cyanobacteria in recreational areas of water bodies in the Kazan region. *Voda: himiya i ekologiya*. 2012; №11: 67-72.
 31. Mariana Raposo, Maria João Botelho, Sara T. Costa, Maria Teresa S. R. Gomes, Alisa Rudnitskaya. A Carbamoylase-Based Bioassay for the Detection of Paralytic Shellfish Poisoning Toxins. *Sensors*. 2020; 20: 507. doi:10.3390/s20020507.
 32. Sundaravadivelu, D.; Sanan, T.T.; Venkatapathy, R.; Mash, H.; Tettenhorst, D.; DAnglada, L.; Frey, S.; Tatters, A.O.; Lazorchak, J. Determination of Cyanotoxins and Pymnesins in Water, Fish Tissue, and Other Matrices: A Review. *Toxins*. 2022; 14: 213. <https://doi.org/10.3390/toxins14030213>.
 33. Huixia Zhang, Bingyan Li, Yipeng Liu, Huiyan Chuan, Yong Liu, Ping Xie. Immunoassay technology: Research progress in microcystin-LR detection in water samples. *Journal of Hazardous Materials*. Volume 424, Part B, 15 February 2022, 127406. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.127406>.
 34. Hammoud, N.A.; Zervou, S.-K.; Kaloudis, T.; Christophoridis, C.; Paraskevopoulou, A.; Triantis, T.M.; Slim, K.; Szpunar, J.; Fadel, A.; Lobinski, R. Investigation of the Occurrence of Cyanotoxins in Lake Karaoun (Lebanon) by Mass Spectrometry, Bioassays and Molecular Methods. *Toxins*. 2021; 13: 716. <https://doi.org/10.3390/toxins13100716>.
 35. Agrawal M, Yadav S, Patel C, Raipuria N, Agrawal MK. Bioassay methods to identify the presence of cyanotoxins in drinking water supplies and their removal strategies. *Eur. J. Exp. Biol.* 2012; 2:321–336.
 36. Kalinnikova T.B., Gajnutdinov M.X., Shagidullin R.R. Metody` biotestirovaniya toksinov, produciruemy`x cianobakteriyami. *Rossijskij zhurnal prikladnoj ekologii*. 2018 (2):35-46.
 37. Ludek Blaha, Ana Maria, Valérie Fessard, Daniel Gutiérrez-Praena, Angeles Jos, Benjamin Marie, James Metcalf, Silvia Pichardo, Maria Puerto, Andrea Torokne, Andrea Torokne, Gabor Vasas, Bojana Zegura. Bioassay Use in the Field of Toxic Cyanobacteria // *Handbook of Cyanobacterial Monitoring and Cyanotoxin Analysis*. J. Meriluoto, L. Spoof, G.A. Codd (eds.), 2017. John Wiley & Sons Ltd. P. 394-404.
 38. Marsalek B., Blaha L. Comparison of 17 biotests for detection of cyanobacterial toxicity. *Environmental toxicology*. 2004; 19(4): 310-317.
 39. Dajana Blagojević, Olivera Babić, Sonja Kaišarević, Bojana Stanić, Varja Mihajlović, Petar Davidović, Petra Marić, Tvrtko Smital Jelica Simeunović. Evaluation of cyanobacterial toxicity using different biotests and protein phosphatase inhibition assay. *Environmental Science and Pollution Research*. 2021; 28: 49220–49231.
 40. Iliyana Sazdova, Milena Keremidarska-Markova, Mariela Chichova, Blagoy Uzunov, Georgi Nikolaev, Mitko Mladenov, Rudolf Schubert, Maya Stoyneva-Gartner, Hristo S. Gagov. Review of Cyanotoxicity Studies Based on Cell Cultures. *Journal of Toxicology*. Volume 2022, Article ID 5647178, p. 1-17. <https://doi.org/10.1155/2022/5647178>.

41. Smutná M, Babica P, Jarque S, Hilscherová K, Maršálek B, Haeba M, Bláha L Acute, chronic and reproductive toxicity of complex cyanobacterial blooms in *Daphnia magna* and the role of microcystins. *Toxicon*. 2014; 79:11–18.
42. Barbara Pawlik-Skowrońska, Magdalena Toporowska, Hanna Mazur-Marzec. Effects of secondary metabolites produced by different cyanobacterial populations on the freshwater zooplankters *Brachionus calyciflorus* and *Daphnia pulex*. *Environmental Science and Pollution Research*. 2019; 26:11793–11804 <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04543-1>.
43. Thanh Son Dao, Lan-Chi Do-Hong, Claudia Wiegand. Chronic effects of cyanobacterial toxins on *Daphnia magna* and their offspring. *Toxicon*. 2010; V. 55, Issue 7, P. 1244-1254. doi: 10.1016/j.toxicon.2010.01.014.
44. Schwarzenberger A., Martin-Creuzburg D. *Daphnia's* Adaptive Molecular Responses to the Cyanobacterial Neurotoxin Anatoxin- α Are Maternally Transferred. *Toxins*. 2021; 13: 326. <https://doi.org/10.3390/toxins13050326>.
45. Schwarzenberger A. Negative Effects of Cyanotoxins and Adaptive Responses of *Daphnia*. *Toxins* 2022; 14: 770. <https://doi.org/10.3390/toxins14110770>.
46. Sierosławska A., Rymuszka A., Skowroński T. Application of Biotests in Cyanobacterial Extract Toxicity Assessment. *Archives of Environmental Protection*. 2014; V. 40(3):115 – 121. DOI: 10.2478/aep-2014-0028.

Поступила/Received: 07.04.2023

Принята в печать/Accepted: 26.06.2023

УДК: 613.166.9: 613.6

**ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ОБИТАНИЯ НА РАЗЛИЧНЫХ ВЫСОТАХ
В ДАГЕСТАНЕ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ**

**Рахманов Р.С., Богомолова Е.С., Разгулин С.А., Бахмудов Г.Г., Жаргалов С.И.,
Евдокимов А.В.**

¹ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава
России, Нижний Новгород, Россия

²Медицинская служба войсковой части 51410, Махачкала, Россия

Физические факторы внешней среды могут оказывать негативное влияние на организм человека. Цель - оценка условий обитания на различных высотах в Дагестане по показателям физических факторов внешней среды.

Наблюдение на территориях четырех населенных пунктов: два - горные (Хунзах -1661 м и Ахты - 1065 м) и два низменные (Дербент – 4 м и Каспийск - -16 м над уровнем моря). Оценили многолетние и годовые температуры воздуха, скорости ветра и влажности воздуха за 2018-2022 гг.

Температура в Ахты в течение 8 мес., в Дербенте – 2 мес. выше, чем в Хунзахе и Каспийске; скорости ветра в горных районах не различались, в низменных районах в Дербенте – круглогодично меньше различия в относительной влажности воздуха соответственно в течение 2 и 4 мес. в году. Влажность воздуха в горных районах дискомфортная: сухой (Хунзах – 3 мес.) и умеренно влажный (Хунзах – 3 мес., Ахты – 3 мес.) умеренно влажный (Каспийск – 6/8 мес., Дербент -5 мес.).

По температуре воздуха холодная среда в Хунзахе с октября по апрель, в Ахты - с ноября по март (возможно и в октябре), в Каспийске и Дербенте - в декабре-марте.

Потенциальный риск здоровью по влиянию холода на организм работающих на открытой территории в горных районах 7-5/6 мес. (Хунзах-Ахты), в низменных - 4 мес. в году. При минимальных температурах и максимальных ветрах длительность периодов риска в горных районах увеличивается до 9-10 мес. На низменных территориях в июне-сентябре формировались перегревные условия: высокая температура воздуха в сочетании со слабым теплым ветром.

Ключевые слова: *погодно-климатические условия, горные и низменные территории, Республика Дагестан.*

Для цитирования: *Рахманов Р.С., Богомолова Е.С., Разгулин С.А., Бахмудов Г.Г., Жаргалов С.И., Евдокимов А.В. Оценка условий обитания на различных высотах в Дагестане по показателям физических факторов внешней среды. Медицина труда и экология человека.2023;4:145-159.*

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/10.24412/2411-3794-2023-10411>

ASSESSMENT OF HABITAT CONDITIONS AT DIFFERENT ALTITUDES IN DAGESTAN ACCORDING TO PHYSICAL ENVIRONMENTAL FACTORS

Rakhmanov R.S.¹, Bogomolova E.S.¹, Razgulin S.A.¹, Bakhmudov G.G.², Zhargalov S.I.², Evdokimov A.V.²

¹ Volga Research Medical University, Department of Hygiene, Nizhny Novgorod, Russia

² Medical service of military unit 51410, Makhachkala, Russia

Abstract. *Physical environmental factors can have a negative impact on the human body. Purpose – assessment of living conditions at various altitudes in Dagestan based on physical environmental factors. Observation in the territories of four settlements: two - mountainous (Khunzakh -1661 m and Akhty - 1065 m) and two lowlands (Derbent - 4 m and Kaspiysk - -16 m above sea level). We assessed long-term and annual air temperatures, wind speeds and air humidity for 2018-2022. Temperature in Akhty for 8 months, in Derbent - 2 months. higher than in Khunzakh and Kaspiysk; wind speeds in the mountainous regions did not differ, in the lowlands in Derbent - year-round lower; differences in relative air humidity, respectively, for 2 and 4 months. in a year. Air humidity in mountainous areas is uncomfortable: dry (Khunzakh - 3 months) and moderately humid (Khunzakh - 3 months, Akhty - 3 months) moderate humid (Kaspiysk - 6/8 months, Derbent -5 months). In terms of air temperature, it is a cold environment in Khunzakh from October to April, in Akhty - from November to March (possibly in October), in Kaspiysk and Derbent - in December-March. Potential health risk due to the influence of cold on the body of workers in open areas in mountainous areas is 7-5/6 months. (Khunzakh-Akhty), in lowlands - 4 months. per year. At minimum temperatures and maximum winds, the duration of risk periods in mountainous areas increases to 10-9 months. Overheating conditions formed in the lowlands in June-September: high air temperature combined with a weak warm wind.*

Keywords: weather and climate conditions, mountainous and low-lying areas, Republic of Dagestan.

For citation: Rakhmanov R.S., Bogomolova E.S., Razgulin S.A., Bakhmudov G.G., Zhargalov S.I., Evdokimov A.V. Assessment of habitat conditions at different altitudes in Dagestan according to physical environmental factors. *Occupational Health and Human Ecology*. 2023; 4:145-159.

For correspondence: Rofail S. Rakhmanov, professor at the Department of Hygiene, DrSc (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/10.24412/2411-3794-2023-10411>

Физические факторы внешней среды оказывают существенное влияние на условия обитания человека, его адаптированность, жизнедеятельность, самочувствие, здоровье, работоспособность; каждый из них имеет свое биологическое значение [1-8]. Нахождение в дискомфортных условиях может приводить к развитию стресса, диз- и дезадаптации [9-14]. Среди них холодовой и тепловой стрессы.

Первый является следствием действия низкой температуры воздуха. Механизмы терморегуляции организма при кратковременном или длительном влиянии холода подробно описаны в статьях Бочарова М.И. [15-16]. Но не только низкая, но и температура выше ноля при высокой влажности воздуха может приводить к обморожениям. Высокая влажность нарушает теплозащитные свойства одежды, повышает ее теплопроводность. Это увеличивает теплотери организма и нарастание теплопродукции [17-19]. Усиление ветра и уменьшение влажности также приводит к увеличению потери тепла (ощущение понижения температуры воздуха) [20].

Тепловой стресс развивается при нарушении теплообмена человека с внешней средой при избытке тепла [21]. Высокая влажность воздуха нарушает терморегуляцию организма, снижая возможность отдачи тепла путем испарения пота: перегревание организма будет происходить при более низких положительных температурах, чем при более сухом воздухе. Высокая температура и скорость ветра, наоборот усиливают отдачу тепла конвекцией. Это может приводить к таким серьезным последствиям, как обезвоживание, усталость, тепловой удар и даже смерть [22, 23].

Цель исследования - оценка условий обитания на различных высотах в Дагестане по показателям физических факторов внешней среды.

Материала и методы. Наблюдение вели на территории четырех населенных пунктов, расположенных на различных высотах над уровнем моря. Два объекта наблюдения находились в горах, соответственно высота над уровнем моря 1661 м (Хунзах) и 1065 м (Ахты); два на низменности – 4 м над уровнем моря (Дербент) и -16 м (Каспийск).

Оценили многолетние значения, а также годовую динамику основных физических факторов на ОТ за пять лет: 2018-2022 гг. Это были: температура воздуха (средняя, минимальная для горных и максимальная для низменных объектов), скорость ветра (средняя, максимальная), влажность воздуха (средняя). Сведения по показателям физических факторов, замеряемых ежедневно с интервалом в 3 часа, получили из Дагестанского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды - филиала Федерального государственного бюджетного учреждения «Северо-Кавказское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды». Рассчитали среднесуточные, среднемесячные годовые, среднемесячные многолетние показатели.

По показателям температур оценили возможное негативное влияние холода по показателю «холодная среда». При небольшой физической нагрузке холодной средой считается работа при температуре +10°C или ниже, также определяли значения ветро-холодового индекса (ВХИ): температура, обусловленная влиянием температуры на ОТ и ветра (°C)¹².

¹² ГОСТ Р ИСО 15743-2012. Практические аспекты менеджмента риска. Менеджмент и оценка риска для холодных сред

Определяли относительную влажность воздуха (%): очень сухой воздух (ниже 30,0%), сухой (до 55%), умеренно сухой (56–70% - оптимальная влажность), умеренно влажный (71–85%), сильно влажный (85% и выше) [24].

Силу и скорость ветра оценили в баллах (0-12) и м/с. Использовали шкалу Ботфорда: 0 баллов (0-0,2 м/с - штиль), 1 (0,3-1,5 м/с - очень слабый ветер), 2 (1,6-3,3 м/с - слабый ветер), 3 (3,4-5,4 м/с – от слабого до умеренного), 4 (5,5-7,9 м/с - умеренный), 5 (8,0-10,7 м/с - от умеренного до сильного), 6 (10,8-13,8 м/с – сильный), 7 (13,9-17,1 м/с – от сильного до очень сильного), 8 (17,2-20,7 м/с - очень сильный), 9 (20,8-24,4 м/с – от очень сильного до штормового), 10 (24,5-28,4 м/с – штормовой или буря), 11 (28,5-32,6 м/с – от штормового до ураганного), 12 (32,7 м/с и более – ураган) [25].

Статистическая обработка проведена с использованием программного пакета Statistica 6,1 для ПЭВМ. Проведено определение нормальности распределения первичных данных, рассчитаны средние арифметические (M) и стандартные отклонения ($\pm m$), а также достоверность различий для параметрических данных по t -критерию Стьюдента.

Результаты. Как показали расчеты, в горных условиях, в Хунзахе только в зимние месяцы средняя месячная суточная температура воздуха имела отрицательные значения, в Ахты регистрировалась круглогодичная плюсовая температура (табл. 1). В Ахты средние температуры были выше, чем в Хунзахе, но статистически достоверные различия были установлены только в период с января по август (исключение – март), т.е. в течение 7 мес. в году.

Минимальные температуры воздуха в Хунзахе с декабря по март достигали $-11,7 \pm 1,2$ - $-10,8 \pm 1,5$ °C с максимумом в январе - $-19,9 \pm 1,0$ °C. В Ахты минимальные температуры только в зимние месяцы достигали соответственно $-9,4 \pm 1,3$ - $-9,4 \pm 2,2$ °C с минимумом в январе - $10,2 \pm 0,5$ °C.

На территории низменных объектов наблюдения по среднемесячным суточным температурам круглогодично регистрировались положительные значения. В Дербенте в декабре и январе было теплее, чем в Каспийске. По максимальным температурам оказалось, что в Каспийске в июне-сентябре они достигали 30°С и выше: от $33,8 \pm 0,7$ до $31,8$ °C с максимумом $33,8 \pm 0,9$ °C. В Дербенте в этот период года температуры достигали $33,0 \pm 0,9$ – $30,7 \pm 1,1$ °C с максимумом $33,9 \pm 0,9$ °C. Интересно, что в Каспийске максимальная температура регистрировалась в июле, затем она снижалась, а в Дербенте максимальная температура держалась 2 месяца (июль-август).

Скорость движения воздуха (ветра) в Хунзахе в январе-мае была выше, чем в июне-декабре. В Ахты скорость ветра увеличивалась в октябре и сохранялась на этих значениях до апреля (табл. 2). Средние значения скорости ветра по горным территориям статистически достоверно не различались. В Хунзахе средний ветер в июне-декабре оценивался погранично 1-2 балла (очень слабый – слабый), в остальные месяцы – в 2 балла – слабый ветер. По максимальному ветру в летние месяцы он оценивался как умеренный (4 балла – до 7,8 м/с), в остальные месяцы (кроме февраля) – 5 баллов (от умеренного до сильного; в феврале – 6 баллов (сильный ветер – 11,0 м/с). В Ахты средний ветер летом оценивался в 1 балл (очень слабый ветер), в остальные месяцы – в 2 балла (слабый ветер). По

максимальному ветру в июне-октябре он оценивался в 3 балла (от слабого до умеренного – 4,4-5,2 м/с), в остальные месяцы – 4 балла (умеренный ветер - 6,8-7,2 м/с).

На низменных территориях в Каспийске в июне-октябре скорость ветра была несколько ниже, чем в остальные месяцы; во все месяцы года, кроме февраля, сила ветра оценивалась в 2 балла (слабый ветер), а в феврале – в 3 балла (от слабого до умеренного). В Дербенте ежемесячно скорость ветра была статистически значимо ниже, чем в Каспийске, держалась на одних значениях (2 балла – слабый ветер).

Относительная влажность воздуха в горных населенных пунктах статистические различия имела в ноябре и июле. В первом случае она была выше в Ахты, во втором – там же ниже, чем в Хунзахе (табл. 3).

В Хунзахе в октябре-феврале регистрировались минимальные значения относительной влажности воздуха, затем она повышалась, достигая максимума в сентябре. В Ахты наибольшее значение относительной влажности воздуха регистрировали в сентябре, но они незначительно отличались от значений в другие месяцы.

Воздух в Хунзахе в октябре, ноябре и январе мог оцениваться как сухой/умеренно сухой, умеренно сухой (февраль-июнь и декабрь - 6 мес.) / оптимальная влажность. В остальные месяцы (3 июль-сентябрь) - умеренно влажный. В Ахты воздух 9 мес. в году был умеренно сухим (январь, март-август), 3 мес. (сентябрь, ноябрь и декабрь) умеренно сухой/умеренно влажный.

На низменных территориях значимо более сухой воздух был в летний период года и в декабре в Дербенте по сравнению с Каспийском. В Каспийске минимальная влажность была отмечена в июне-июле, затем она нарастала с максимумом в декабре, затем вновь снижалась. В Дербенте минимальная влажность отмечена в июне, которая нарастала к декабрю, затем снижалась.

По относительной влажности воздух в Каспийске оценивался как умеренно сухой летом и в сентябре (4 мес.), в мае и октябре – как умеренно сухой/умеренно влажный, а в остальные месяцы – как умеренно влажный (ноябрь-апрель, 6 мес.). В Дербенте в мае-сентябре (5 мес.) воздух был умеренно сухой, в остальные месяцы – умеренно влажный.

Таблица 1

Показатели суточной температуры воздуха на объектах наблюдения по месяцам, М ± m

Table 1

Indicators of daily air temperature by annual months at observation sites, M ± m

Объект наблюдения	Средневзвешенная суточная температура, °С											
	Горные объекты											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Хунзах	-2,0±0,8	-0,8±0,5	0,5±1,6	6,3±1,3	11,2±0,9	15,3±0,5	16,9±1,1	16,5±0,6	12,2±0,8	8,7±1,0	3,0±0,5	-0,2±0,6
Ахты	1,6±0,8	2,8±0,6	5,6±2,0	12,0±1,7	16,3±1,0	21,4±0,7	21,0±0,7	20,2±1,4	15,0±1,5	10,7±1,1	4,97±0,9	1,7±0,8
p	0,014	0,001	0,078	0,026	0,003	0,001	0,001	0,045	0,14	0,227	0,122	0,052
Низменные объекты												
Каспийск	2,8±0,5	3,5±0,6	5,8±0,7	11,1±0,6	17,3±0,6	23,5±0,4	26,3±0,4	25,1±0,9	21,5±0,6	15,1±0,7	15,1±1,6	4,5±0,3
Дербент	4,5±0,4	4,9±0,4	6,5±0,6	11,8±0,5	18,0±0,4	24,7±0,4	25,7±0,8	26,2±0,9	21,7±0,4	16,5±0,7	10,2±0,3	6,3±0,4
p	0,028	0,087	0,446	0,376	0,357	0,153	0,476	0,433	0,751	0,2	0,635	0,002

Таблица 2

Показатели средней скорости движения воздуха на объектах наблюдения по месяцам, М ± m

Table 2

Indicators of average air speed by annual months at observation sites, M ± m

Объект наблюдения	Средневзвешенная суточная скорость ветра, м/с											
	Горные объекты											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Хунзах	2,1±0,3	2,2±0,4	2,2±0,2	2,2±0,2	2,0±0,2	1,4±0,5	1,5±0,1	1,5±0,2	1,5±0,2	1,7±0,1	1,6±0,2	1,5±0,3
Ахты	2,7±0,2	2,6±0,1	2,6±0,1	2,3±0,2	1,6±0,2	1,4±0,08	1,4±0,06	1,5±0,06	1,8±0,2	2,1±0,3	2,2±0,07	2,3±0,1
ρ	0,11	0,402	0,248	0,901	0,226	0,719	0,544	1,0	0,595	0,125	0,148	0,052
Низменные объекты												
Каспийск	3,0±0,2	3,1±0,05	3,5±0,1	3,3±0,1	3,2±0,1	2,7±0,1	2,8±0,1	2,9±0,2	2,9±0,2	2,9±0,2	3,2±0,2	3,1±0,2
Дербент	2,3±0,09	2,2±0,05	2,4±0,07	2,2±0,04	2,2±0,07	2,2±0,09	2,2±0,1	2,0±0,07	2,1±0,1	2,0±0,1	2,3±0,2	2,0±0,1
ρ	0,02	0,001	0,001	0,001	0,001	0,0149	0,0149	0,007	0,014	0,005	0,01	0,001

Таблица 3

Показатели относительной влажности воздуха на объектах наблюдения по месяцам, М ± m

Table 3

Indicators of relative air humidity by annual months at observation sites, M ± m

Объект наблюдения	Средневзвешенная суточная относительная влажность воздуха, %											
	Горные объекты											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Хунзах	57,3±3,0	58,0±2,0	63,9±2,0	60,9±2,0	63,4±2,0	66,8±3,0	69,4±1,2	67,9±3,1	70,9±2,6	58,0±4,1	55,7±2,6	58,4±2,9
Ахты	62,2±3,5	66,8±4,1	68,0±1,8	62,1±2,9	64,5±1,9	62,7±3,5	63,1±0,7	61,5±4,1	70,7±2,7	67,1±3,4	68,7±3,2	68,2±3,9
p	0,329	0,091	0,158	0,776	0,707	0,386	0,002	0,225	0,955	0,122	0,013	0,079
Низменные объекты												
Каспийск	80,1±1,6	79,8±1,5	76,7±1,3	72,7±0,6	70,2±1,1	61,5±1,1	61,7±0,9	65,5±1,1	68,8±1,5	71,4±1,2	78,2±1,0	83,0±1,0
Дербент	77,6±1,7	78,7±1,7	77,1±1,4	71,6±0,6	68,2±0,8	58,0±0,9	59,2±0,4	60,3±0,8	65,6±1,1	72,5±0,9	75,7±0,9	80,2±0,6
p	0,32	0,64	0,84	0,285	0,185	0,006	0,03	0,005	0,128	0,317	0,095	0,045

Обсуждение. Физические факторы внешней среды при нахождении человека на ОТ оказывают влияние на его теплоощущение, создавая комфортные или дискомфортные условия. Последние представляют риск для здоровья: повышается напряжение нервной системы, снижается производительность труда, повышаются заболеваемость и травматизм, связанные с переохлаждением или перегревом организма [7-9, 26-27].

В Федеральном законе РФ от 28.12.2013 №426-ФЗ¹³ (ст. 13, п.1,3) указано, что «в целях проведения специальной оценки условий труда исследованию (испытанию) и измерению подлежат», в т.ч. такие «вредные и (или) опасные факторы производственной среды», как «параметры микроклимата (температура воздуха, относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха, тепловое облучение». Однако приказ Минтруда РФ от 24.01.2014 № 33н¹⁴ регламентирует определение этих параметров только в производственных помещениях для оценки нагревающего или охлаждающего микроклимата.

Для предупреждения влияния холода при работах на ОТ рекомендуется пользоваться Методическими рекомендациями (МР 2.2.7.2129-06)¹⁵. Однако они рекомендованы только для I-III климатических регионов. Дагестан входит в IV климатический регион¹⁶. Но при районировании не учитывалось нахождение территорий республики относительно уровня моря. Также отмечено, что «при несоответствии метеорологических условий в том или ином регионе России по температуре и скорости ветра следует определять принадлежность климатического региона в соответствии со средними значениями температуры воздуха и наиболее вероятными величинами скорости ветра в данной местности».

На наших объектах наблюдения величины средних температур в холодный период года и скоростей ветра не выходили за значения, определенные для IV климатического региона. Вместе с тем по температуре воздуха холодная среда (температура +10⁰С и ниже) в Хунзахе регистрировалась с октября по апрель включительно. В Ахты она зарегистрирована с ноября по март, но была возможна и в октябре. В Каспийске холодная среда была отмечена в декабре-марте, в Дербенте - также в этот период года.

Однако по минимальным температурам территории горных объектов можно отнести к II (температура -18⁰С, ветер – 3,6 м/с) - III (температура -9,7, ветер – 2,7 м/с) климатическим поясам⁵. При сочетанном влиянии минимальных температур и максимальных ветров значительно увеличивалось холодное влияние на организм: усиление скорости движения воздуха на каждые 0,1 м/с повышает температуру воздуха на 0,2 °С⁴. Как правило, влияние

¹³ Федеральный закон от 28.12.2013 N 426-ФЗ (ред. от 24.07.2023) "О специальной оценке условий труда".

¹⁴ Приказ Минтруда России от 24.01.2014 № 33н (ред. 20.01.2015, 07.09.2015, от 14.11.2016) «Об утверждении Методики проведения специальной оценки условий труда, Классификатора вредных и (или) опасных производственных факторов, формы отчета о проведении специальной оценки условий труда и инструкции по ее заполнению».

¹⁵ Методические рекомендации. МР 2.2.7.2129-06. Режимы труда и отдыха работающих в холодное время на открытой территории или в неотапливаемых помещениях.

¹⁶ Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Р 2.2.2006-05. 2.2. Критерии и классификация условий труда.

минимальных температур и максимальных ветров сочетается в ночное время суток, значит, в это время температура по ВХИ в Хунзахе достигала -25 - -32°C , а в Ахты – -25°C , т.е. среда оценивалась как «очень холодно, переохлаждение поверхности кожи». При этом влияние ветра силой 3-7 м/с проявляется раздражающим действием на открытые области тела.

На низменных территориях при увеличении температуры воздуха снижалась его влажность, а Каспийске – незначительно уменьшалась и скорость ветра. Несмотря на это, формировались перегревные условия за счет температуры и теплого ветра, который усиливает влияние жары на организм. Эти условия были выше в Каспийске. В июле-августе среднесуточная температура воздуха на ОТ выходила за границы, определяющие класс условий труда как допустимый (2 - $\leq 25^{\circ}\text{C}$ – п. 5.5.3.4⁵). По максимальным температурам, которые регистрировались в дневное время, эти сроки удлинялись с мая по сентябрь (по верхней границе доверительного интервала превышение 25°C было возможным и в октябре).

В период с октября по апрель повышение влажности воздуха могло приводить к повышению теплопроводности одежды, тем самым усугубляя охлаждающий эффект влияния факторов внешней среды на ОТ.

Проведенное исследование выявило потенциальный риск для здоровья работающих погодно-климатических условий на ОТ в Дагестане. Они могут оказывать влияние на их заболеваемость: холод приводит к простудным заболеваниям и другим, связанным с охлаждением, жара – к нарушению водно-солевого обмена организма, болезням, связанным со снижением естественной резистентности организма, кожи и подкожной клетчатки. Полученные нами ранее данные об ухудшении в летний период электролитного баланса организма при работах на низменных территориях подтверждают это [28, 29].

Работодателям необходимо осуществлять менеджмент условий труда и в горных, и в низменных условиях для профилактики неблагоприятного влияния физических факторов внешней среды на организм в условиях холодных сред. При определении класса условий труда по микроклимату, вероятно, следует ориентироваться не на среднесуточные месячные показатели холодного периода года, а на показатели минимальных температур и максимальных ветров.

Выводы:

1. Определены особенности в годовой динамике погодно-климатических условий на территориях горных и низменных объектов наблюдения в Дагестане: температура на открытой территории в Ахты в течение 8 мес., в Дербенте – 2 мес. в году статистически достоверно выше, чем в Хунзахе и Каспийске; скорости ветра в горных районах не различались, в низменных в Дербенте – круглогодично меньшие; различия в относительной влажности воздуха соответственно в течение 2 и 4 мес. в году.
2. По влажности воздуха в горных районах дискомфортные условия за счет сухого (Хунзах – 3 мес.) и умеренно влажного воздуха (Хунзах – 3 мес., Ахты – 3 мес.), в низменных районах - умеренно влажного (Каспийск – 6/8 мес., Дербент -5 мес.).

3. Длительность воздействия холода на организм работающих на открытой территории в горных районах 7-5/6 мес. (Хунзах-Ахты) в году, в низменных - 4 мес. в году. При минимальных температурах и максимальных ветрах длительность периодов риска в горных районах увеличивается до 9-10 мес.
4. На низменных территориях в июне-сентябре формировались перегревные условия: высокая температура воздуха в сочетании с теплым ветром.

Список литературы:

1. Веремчук Л.В., Минеева Е.Е., Виткина Т.И., Гвозденко Т.А. Влияние климата на функцию внешнего дыхания здорового населения г. Владивостока и больных с бронхолегочной патологией. Гигиена и санитария. 2018; 97 (5): 418-423.
2. Диханова З.А., Мухаметжанова З.Т., Исакова А.К., Алтаева Б.Ж., Б.Г. Мукашева Б.Г. Влияние климата на организм человека. Гигиена труда и медицинская экология. 2017;1(54):12-16.
3. Кнауб Р.В., Игнатьева А.В. Оценка энергетических последствий заболеваемости и смертности людей от климатических изменений на территории Томской области России. Современные исследования социальных проблем (электронный научный журнал). 2015; 4(48): 466-487.
4. Stewart S, Keates A K, Redfern A, McMurray J J V. Seasonal variations in cardiovascular disease. Nat Rev Cardiol. 2017;14(11):654-664.
5. Li, S., Guo, Y., Williams, G. et al. The association between ambient temperature and children's lung function in Baotou, China. Int J Biometeorol. 2015; 59: 791–798.
6. Vitkina T.I., Veremchuk L.V., Grigorieva E., Gvozdenko T.A. Weather dependence of patients with respiratory pathology at the south of Primorsky krai. Региональные проблемы. 2018; 21(3 (1)): 22-25.
7. Полякова Е.М., Мельцер А.В. Сравнительный анализ состояния здоровья работников, выполняющих трудовые операции на открытой территории в холодный период года, по результатам анкетирования. Профилактическая и клиническая медицина. 2019; 4(73): 35-44.
8. Мельцер А.В., Полякова Е.М. Оценка комбинированного профессионального риска при выполнении трудовых операций на открытой территории в холодный период года. Профилактическая и клиническая медицина. 2019;3(72): 4-13.
9. Полякова Е.М., Мельцер А.В., Чашин В.П., Ерастова Н.В. Гигиеническая оценка вклада охлаждающих метеорологических факторов в формирование профессионального риска нарушений здоровья работающих на открытой территории в холодный период года. Анализ риска здоровью. 2020; 3: 108–116. DOI:10.21668/health.risk/2020.3.13
10. Ворошилова И.И., Радченко И.В. Влияние климатических факторов на здоровье молодых людей, проживающих в условиях центра и юга Сибири. Успехи современного естествознания. 2013;5: 142-143.

11. Григорьева Е.А., Кирьянцева Л.П. Погодные условия как фактор риска развития болезней органов дыхания населения и меры по их профилактике на примере студенческой молодежи. Бюллетень. 2014;51: 62-68.
12. Уянаева А. И., Тупицына Ю. Ю., Рассулова М. А., Турова Е. А., Львова Н. В., Айрапетова Н. С. Влияние климата и погоды на механизмы формирования повышенной метеочувствительности. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2016; 93 (5): 52-57.
13. Stewart S, Keates A K, Redfern A , McMurray J J V. Seasonal variations in cardiovascular disease. *Nat Rev Cardiol*. 2017 Nov;14(11):654-664.
14. Гудков А.Б., Попова О.Н., Небученных А.А., Богданов М.Ю. Эколого-физиологическая характеристика климатических факторов Арктики. Обзор литературы. *Морская медицина*. 2017;3(1): 7- 13.
15. Бочаров М.И. Терморегуляция организма при холодových воздействиях (обзор). Сообщение I. Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Медико-биологические науки. 2015;1: 5–15.
16. Бочаров М.И. Терморегуляция организма при холодových воздействиях (обзор). Сообщение II. Вестник Северного (Арктического) Федерального университета. Серия: Медико-биологические науки. 2015;2:5-16.
17. 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.
18. Wenz J. What Is Wind Chill, and How Does It Affect the Human Body? *Smithsonian Magazine*. smithsonianmag.com. January 30, 2019.
<https://www.smithsonianmag.com/science-nature/what-wind-chill-and-how-does-it-affect-human-body-180971376>.
19. Briggs, A.G.S.; Gillespie, T.J.; Brown, R.D. Measuring facial cooling in outdoor windy winter conditions: An exploratory study. *Int. J. Biometeorol*. 2017;61:1831–1835.
20. 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>.
21. Природно-климатические условия и социально-географическое пространство России / ред. А.Н. Золотокрылин, В.В. Виноградова, О.Б. Глезер. М.: Институт географии РАН. 2018, 154 с.
22. Marchetti E., Capone P., Freda D. Climate change impact on microclimate of work environment related to occupational health and productivity. *Ann Ist Super Sanita*. 2016;52(3):338-342. DOI: 10.4415/ANN_16_03_05.
23. Cariappa M P, Dutt Manohar, Reddy K P, et al 'Health, Environment and Training': Guidance on conduct of physical exertion in hot and humid climates. *Med J Armed Forces India*. 2018;74 (4):346-351. DOI: 10.1016/j.mjafi.2017.09.017.
24. Аленикова А.Э., Типисова Е.В. Анализ изменений гормонального профиля мужчин г. Архангельска в зависимости от факторов погоды. Вестник Северного (Арктического) Федерального университета. Серия: Медико-биологические науки. 2014;3:5-15.

25. 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.
26. Чашин В.П., 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.
27. Григорьева Е. А., Христофорова Н. К. Биоклимат Дальнего Востока России и здоровье населения. Экология человека. 2019; 5: 4-10.
28. Рахманов Р.С., Аликберов М.Х., Бахмудов Г.Г., Гаджиibraгимов Д.А., Гришин И.А., Омарова З.А. и др. Оценка риска развития кариеса твердых тканей зубов у взрослого населения при комплексном воздействии погодно-климатических и профессиональных факторов. Здоровье населения и среда обитания. 2018;1 (298): 4-6.
29. Рахманов Р.С., Разгулин С.А., Блинова Т.В., Страхова Л.А., Орлов А.Л., Белоусько Н.И. и др. К вопросу о компенсации когортно-индивидуальной витаминно-минеральной недостаточности организма. Медицинский альманах. 2018;2 (53): 101-106.

References:

1. Veremchuk L.V., Mineeva E.E., Vitkina T.I., Gvozdenko T.A. Influence of climate on the function of external respiration of the healthy population of Vladivostok and patients with bronchopulmonary pathology. *Gigiena i sanitarija*. 2018; 97 (5): 418-423. (In Russ).
2. Dikhanova Z.A., Mukhametzhanova Z.T., Iskakova A.K., Altaeva B.Zh., B.G. Mukasheva B.G. The influence of climate on the human body. *Gigiena truda i medi-cinskaja jekologija*. 2017;1(54):12-16. (In Russ).
3. Knaub R.V., Ignat'eva A.V. Assessment of energy consequences of morbidity and mortality of people from climate change in the Tomsk region of Russia. *Sovremennye issledovanija social'nyh problem (jelektronnyj nauchnyj zhurnal)*. 2015; 4(48): 466-487. (In Russ).
4. Stewart S, Keates A K, Redfern A , McMurray J J V. Seasonal variations in cardiovascular disease. *Nat Rev Cardiol*. 2017;14(11):654-664.
5. Li, S., Guo, Y., Williams, G. *et al*. The association between ambient temperature and children's lung function in Baotou, China. *Int J Biometeorol*. 2015; 59: 791–798.
6. Vitkina T.I., Veremchuk L.V., Grigorieva E., Gvozdenko T.A. Weather dependence of patients with respiratory pathology at the south of Primorsky krai. *Regional'nye problemy. problemy*. 2018;21 (3 (1)): 22-25. (In Russ).
7. Polyakova E.M., Meltser A.V. Comparative analysis of the health status of workers performing labor operations in an open area during the cold season, based on the results of a survey. *Profilakticheskaja i klinicheskaja medicina*. 2019; 4(73): 35-44. (In Russ).
8. Meltser A.V., Polyakova E.M. Assessment of the combined occupational risk when performing labor operations in an open area during the cold season. *Profilakticheskaja i klinicheskaja medicina*. 2019;3(72): 4-13. (In Russ).
9. Polyakova E.M., Meltser A.V., Chashin V.P., Erastova N.V. Hygienic assessment of the contribution of cooling meteorological factors to the formation of the occupational risk of

- health disorders in workers in an open area during the cold season. *Analiz riska zdorov'ju*. 2020; 3: 108–116. DOI:10.21668/health.risk/2020.3.13. (In Russ).
10. Voroshilova I.I., Radchenko I.V. Influence of climatic factors on the health of young people living in the center and south of Siberia. *Uspehi sovremennogo estestvoznaniya*. 2013;5: 142-143. (In Russ).
 11. Grigoreva E.A., Kiryantseva L.P. Weather conditions as a risk factor for the development of respiratory diseases in the population and measures for their prevention on the example of students. *Bjulleten'*. 2014;51: 62-68. (In Russ).
 12. Uyanaeva A. I., Tupitsyna Ju. Ju., Rassulova M. A., Turova E. A., L'vova N. V., Ajrapetova N. S. Influence of climate and weather on the mechanisms of formation of increased weather sensitivity. *Voprosy kurortologii, fizioterapii i lechebnoj fizicheskoy kul'tury*. 2016; 93: 5: 52-57. (In Russ).
 13. Stewart S, Keates A K, Redfern A , McMurray J J V. Seasonal variations in cardiovascular disease. *Nat Rev Cardiol*. 2017 Nov;14(11):654-664.
 14. Gudkov A.B., Popova O.N., Nebuchennyh A.A., Bogdanov M.Ju. Ecological and physiological characteristics of climatic factors in the Arctic. Literature review. *Morskaja medicina*. 2017;3(1): 7- 13.
 15. Bocharov M.I. Thermoregulation of the body under cold exposure (review). Message I. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta. Serija: Mediko-biologicheskie nauki*. 2015;1: 5–15. (In Russ).
 16. Bocharov M.I. Thermoregulation of the body under cold exposure (review). Message II. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta. Serija: Mediko-biologicheskie nauki*. 2015;2: 5–15. (In Russ).
 17. 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.
 18. Wenz J. What Is Wind Chill, and How Does It Affect the Human Body? *Smithsonian Magazine*. smithsonianmag.com. January 30, 2019.
<https://www.smithsonianmag.com/science-nature/what-wind-chill-and-how-does-it-affect-human-body-180971376>.
 19. Briggs, A.G.S.; Gillespie, T.J.; Brown, R.D. Measuring facial cooling in outdoor windy winter conditions: An exploratory study. *Int. J. Biometeorol*. 2017;61:1831–1835.
 20. 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>.
 21. *Natural and climatic conditions and socio-geographical space of Russia* / red. A.N. Zolotokrylin, V.V. Vinogradova, O.B. Glezer. M.: Institut geografii RAN. 2018. (In Russ).
 22. Marchetti E., Capone P., Freda D. Climate change impact on microclimate of work environment related to occupational health and productivity. *Ann Ist Super Sanita*. 2016;52(3):338-342. DOI: 10.4415/ANN_16_03_05.

23. Cariappa M P, Dutt Manohar, Reddy K P, et al 'Health, Environment and Training': Guidance on conduct of physical exertion in hot and humid climates. *Med J Armed Forces India*. 2018;74 (4):346-351. DOI: 10.1016/j.mjafi.2017.09.017.
24. Alenikova A.Je., Tipisova E.V. Analysis of changes in the hormonal profile of men in Arkhangelsk depending on weather factors. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) Federal'nogo universiteta. Serija: Mediko-biologicheskie nauki*. 2014;3:5-15. (In Russ).
25. 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.
26. Chashhin V.P., Gudkov A.B., Chashhin M. V, Popova O.N. Predictive assessment of the individual susceptibility of the human body to the dangerous effects of cold. *Jekologija cheloveka*. 2017;5:3-13.
27. Grigoreva E. A., Hristoforova N. K. Bioclimate of the Russian Far East and public health. *Jekologija cheloveka*. 2019; 5: 4-10. (In Russ).
28. Rakhmanov R.S., Alikberov M.H., Bahmudov G.G., Gadzhiiibragimov D.A, Grishin I.A., Omarova Z.A. i dr. . Assessment of the risk of developing caries of hard tissues of teeth in the adult population under the combined influence of weather, climate and occupational factors. *Zdorov'e naselenija i sreda obitanija*. 2018;1 (298): 4-6. (In Russ).
29. Rakhmanov R.S., Razgulin S.A., Blinova T.V., Strahova L.A., Orlov A.L., Belous'ko N.I. i dr. On the issue of compensation for cohort-individual vitamin and mineral deficiency of the body. *Medicinskij al'manah*. 2018;2 (53): 101-106. (In Russ).

Поступила/Received: 28.08.2023

Принята в печать/Accepted: 24.10.2023

УДК 613.2; 614.31; 378.147

**МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ В ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ
ПО ОРГАНИЗАЦИИ ПОЛНОЦЕННОГО ПИТАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ
НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ**

Елисеев Ю.Ю.¹, Спирин В.Ф.^{1,2}, Каракотина И.А.¹, Елисеева Ю.В.¹

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный медицинский университет им. В.И.

Разумовского» Минздрава России,
Саратов, Россия

²Саратовский медицинский научный центр гигиены Федерального бюджетного учреждения науки «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора,
Саратов, Россия

Введение. Организация полноценного сбалансированного питания населения является одной из основных составляющих сохранения здоровья и работоспособности человека. Для соблюдения данного принципа, направленного на поддержание здорового образа жизни, специалисты санитарной службы руководствуются общепринятыми в РФ физиологическими нормами потребностей в энергии и пищевых веществах, разработанными ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии». Вместе с этим в практической деятельности службы на региональном уровне проблема организации рационального питания нуждается в принятии управленческих решений на местах. Представленные исследования раскрывают методические подходы в принятии решений по организации полноценного питания населения на региональном уровне. **Цель исследования:** на управленческом уровне обосновать систему межведомственных подходов к региональной организации сбалансированного питания населения. **Материалы и методы.** Представлен анализ материалов Управления Роспотребнадзора по Саратовской области по проверке организаций по производству и реализации пищевых продуктов, а также отчетных данных областных организаций, отражающих аспекты изучаемой проблемы. **Результаты.** Показаны методические подходы для принятия комплексных научно-практических решений, связанных с организацией питания населения на примере межведомственного взаимодействия. Управлением Роспотребнадзора, ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии» по Саратовской области, Саратовским медицинским научным центра гигиены медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения Роспотребнадзора дана комплексная оценка показателей суммарной химической нагрузки для городского и сельского населения региона, связанная с присутствием в продуктах химических контаминантов. Комплексное участие специалистов службы Роспотребнадзора, членов Общественного совета Управления, регионального общества гигиенистов и педагогов Саратовского медицинского университета в проведении информационной кампании по популяризации проекта «Укрепление общественного здоровья» позволило организовать научно-методические

и образовательные центры по вопросам здорового питания, а также привлечь местных производителей к выпуску в регионе обогащенной пищевой продукции. **Заключение.** На примере реализации межведомственного взаимодействия показана результативность алгоритма методических подходов в принятии комплексных научно-практических решений, связанных с региональной организацией питания населения.

Ключевые слова: комплексная работа профилактических организаций, адекватное региональное питание.

Для цитирования: Елисеев Ю.Ю., Спиринов В.Ф., Каракотина И.А., Елисеева Ю.В. Методические подходы в принятии решений по организации полноценного питания населения на региональном уровне. Медицина труда и экология человека. 2023;4:160-171.

Для корреспонденции: Елисеев Юрий Юрьевич - д.м.н., профессор, заведующий кафедрой общей гигиены и экологии ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского» Минздрава России; e-mail: yeliseev55@mail.ru.

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

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

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10412>

METHODOLOGICAL APPROACHES IN MAKING DECISIONS ON ORGANIZING FULL-FLEDGED NUTRITION OF THE REGIONAL POPULATION

Eliseev Yu.Yu.¹, Spirin V.F.², Karakotina I.A.¹, Eliseeva Yu.V.¹

¹V.I. Razumovskiy Saratov State Medical University of the Russian Health Ministry
Saratov, Russia

²Saratov Hygiene Medical Research Center of the Medical and Preventive Health Risk
Management Technologies, Saratov, Russia

Introduction: the organization of a full-fledged balanced nutrition of the population is one of the main components of health promotion and efficiency. To comply with this principle aimed at maintaining a healthy lifestyle, the sanitary service specialists are guided by the generally accepted physiological norms of energy and food substances developed by the Federal Nutrition Center. Along with this, in the practical activities of the service at the regional level, the problem of organizing rational nutrition needs to make on-site decisions. The presented studies reveal methodological approaches in making decisions on organizing a full-fledged nutrition of the regional population. **Objective:** show methodological approaches for the adoption of comprehensive scientific and practical decisions related to the organization of the problem of the Saratov region population. **Materials and methods:** An analysis of the materials of the Office of Rospotrebnadzor for the Saratov region on the inspection of organizations producing and selling food products is presented, as well as reporting data from regional organizations reflecting aspects of the problem being studied. **Results:** methodological approaches for the adoption of comprehensive scientific and practical decisions related to the organization of nutrition of the population are shown based on the interagency interaction. The Office of Rospotrebnadzor, the Center for Hygiene and Epidemiology in the Saratov Region, the Saratov Medical Scientific Center

for Hygiene of Medical and Preventive Technologies for Health Risk Management of the Rospotrebnadzor, a comprehensive assessment of the total chemical burden for the urban and rural population of the region, related to the presence of chemical contaminants in the products. The comprehensive participation of specialists of the Rospotrebnadzor service, members of the Public Council of Management, the Regional Society of Hygienists and Teachers of the Saratov Medical University in the information campaign to popularize the developed project "Public Health Promotion", allowed organizing scientific, methodological and educational centers for healthy diet, as well as attract local manufacturers for the production of enriched food products in the region.

Conclusion: *Based on the implementation of interdepartmental interaction, the effectiveness of methodological approaches in the adoption of comprehensive scientific and practical decisions related to the organization of nutrition of the population is shown.*

Keywords: *complex work of preventive organizations, adequate regional nutrition.*

For citation: *Eliseev Yu.Yu., Spirin V.F., Karakotina I.A., Eliseeva Yu.V. Methodological approaches in making decisions on organizing full-fledged nutrition of the regional population. Occupational Health and Human Ecology. 2023;4:160-171.*

For correspondence: *Yury Yu. Eliseev, Dr. Sc., Med., Professor, Head of the Department of General Hygiene and Ecology of the V.I. Razumovskiy Saratov State Medical University of the Russian Health Ministry, e-mail:yeliseev55@mail.ru*

Financing: *The study had no financial support.*

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

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10412>

Введение. Организация полноценного сбалансированного питания населения является одной из основных составляющих сохранения здоровья и работоспособности человека. Для соблюдения данного принципа, направленного на поддержание здорового образа жизни, специалисты санитарной службы руководствуются общепринятыми в РФ физиологическими нормами потребностей в энергии и пищевых веществах, разработанными федеральным центром питания. Вместе с этим в практической деятельности службы на региональном уровне проблема организации рационального питания нуждается в принятии управленческих решений на местах. Последнее объясняется дисбалансом в рационах питания микро- и макронутриентов, высокой химической контаминацией местных пищевых продуктов, избыточным содержанием в рационах населения региона простых углеводов и, напротив, недостатком пищевых волокон и клетчатки [1–4]. Представленные исследования раскрывают методическое обоснование подходов, направленных на осуществление правильного сбалансированного питания населения региона.

Цель исследования: на управленческом уровне обосновать систему межведомственных подходов к региональной организации сбалансированного питания населения.

Материалы и методы исследования. Представлен анализ нормативно-правовых актов российского законодательства и региональных документов по организации питания

населения Саратовской области за период с 2016 года по настоящее время, включающий: Паспорт национального проекта «Демография»¹⁷, СП 2.3.6.3668-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям деятельности торговых объектов и рынков, реализующих пищевую продукцию»¹⁸, СанПиН 2.3/2.4.3590-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организации общественного питания населения»¹⁹; распоряжение Правительства РФ «Об утверждении Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года»²⁰; МР «Методические рекомендации к организации общественного питания населения»²¹, СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»²², приказ МЗ РФ «Об утверждении рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания»²³, постановление Губернатора Саратовской области «О Координационном совете при Губернаторе области по защите прав потребителей»²⁴, приказ МО Саратовской области «Об утверждении регионального стандарта оказания услуги по обеспечению горячим питанием обучающихся, получающих начальное общее образование в образовательных организациях Саратовской области»²⁵. Представленные документы нуждаются в дальнейшей систематизации и выработке подходов для принятия решений по реализации мероприятий в вопросах питания населения на региональном уровне.

Результаты и обсуждение. Основой формирования национальной системы управления качеством пищевой продукции является утвержденная распоряжением Правительства РФ за №1364-р 28.06.2018 «Стратегия повышения качества пищевой продукции до 2030 г.». В связи с этим фундаментом государственной политики в области здорового питания российского населения является обеспечение качества и безопасности пищевой продукции [5–13]. С целью реализации задачи по обеспечению населения качественной и безопасной пищевой продукцией региональное Управление

¹⁷ Паспорт национального проекта «Демография» [Электронный ресурс] / Официальный сайт Правительства России. Доступно по: <http://government.ru/info/35559> (дата обращения: 06.05.2021).

¹⁸ СП 2.3.6.3668–20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям деятельности торговых объектов и рынков, реализующих пищевую продукцию».

¹⁹ СанПиН 2.3/2.4.3590–20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организации общественного питания населения».

²⁰ Распоряжение Правительства РФ от 29.06.2016 N 1364-р «Об утверждении Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года»

²¹ Методические рекомендации МР 2.3.6.0233-21 «Методические рекомендации к организации общественного питания населения»

²² СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»

²³ Приказ МЗ РФ от 19 августа 2016 года № 614 «Об утверждении рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://rg.ru/2016/./minzdravobnovil-normy-potrebleniia-pishchevyhproduktov.ht>.

²⁴ Постановление Губернатора Саратовской области от 28.12.2017 N 504 (ред.от08.08.2022) "О Координационном совете при Губернаторе области по защите прав потребителей"<http://www.consultant.ru/law/review/reg/rlawc/rlawc3582022-08-19.html>

²⁵ Приказ МО Саратовской области от 30.09.2021 №1664 «Об утверждении регионального стандарта оказания услуги по обеспечению горячим питанием обучающихся, получающих начальное общее образование в образовательных организациях Саратовской области»

Роспотребнадзора осуществляет свою законодательную административно-надзорную функцию по выявлению, пресечению изготовления, изъятию из оборота и утилизации опасной некачественной пищевой продукции [3].

Информационным фундаментом для осуществления законодательной надзорной функции по региональному санитарно-гигиеническому контролю за состоянием, деятельностью предприятий по производству и реализации пищевой продукции является Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Саратовской области [14]. Данный федеральный орган исполнительной власти, стоящий во главе нормативно-правового регулирования в сфере защиты прав потребителя, обеспечивает осуществление первого этапа в области государственного контроля за качеством и безопасностью полноценного питания разработанного алгоритма.

На территории Саратовской области деятельность, связанную с производством и реализацией пищевой продукции, осуществляют почти десять тысяч предприятий. При этом данные предприятия с учетом санитарно-гигиенической классификации потенциального риска для здоровья человека представлены на 50% объектами чрезвычайно высокого (1 класс), высокого (2 класс) и значительного (3 класс) риска.

По результатам регулярно проводимых обследований предприятий пищевой и перерабатывающей промышленности устанавливаются нарушения требований действующего законодательства по ряду показателей: неудовлетворительное содержание торговых, складских помещений, пищеблоков образовательных организаций, несоблюдение условий хранения, реализации пищевых продуктов, реализация продукции при полном или частичном отсутствии информации для потребителя, отсутствие сопроводительных документов на реализуемую продукцию, подтверждающих их происхождение, безопасность и качество, реализация продукции с истекшим сроком годности, нарушение товарного соседства. При этом удельный вес обследований с выявлением нарушений в 2021 году хоть и сократился в сравнении с 2020 годом, но тем не менее превышал 50%.

В рамках реализации Федерального проекта «Укрепление общественного здоровья», национального проекта «Демография» и проекта «Здоровое питание» в период с 17 мая по 30 августа 2021 года Роспотребнадзором по Саратовской области был проведен мониторинг качества пищевой продукции и дана объективная оценка доступа населения области к отечественной пищевой продукции. При исследовании 243 образцов из основного ассортимента пищевой продукции, реализуемой на 431 торговом предприятии области, было установлено, что 22% образцов не соответствовали установленным требованиям, в том числе по маркировке, содержанию белков, углеводов, энергетической ценности, содержанию консервантов, органических кислот. По итогам результатов проведенных надзорных мероприятий, в 2021 году было забраковано 399 партий продовольственного сырья и пищевых продуктов общим объемом 15962 кг. Наибольшее количество забракованных партий было в консервированной, плодоовощной, кондитерской продукциях.

С целью реализации регионального алгоритма формирования на территории области безопасного и полноценного питания населения в качестве второго этапа координации комплексных мероприятий было предложено проведение экспериментальных научно-практических работ по выявлению контаминантов и их экспозиций в местных пищевых продуктах с современным расчетом оценки риска их потребления для здоровья населения области. Осуществление данного вида работ проводилось совместными усилиями сотрудников Управления Роспотребнадзора, ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии» по Саратовской области, Саратовского медицинского научного центра гигиены медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения Роспотребнадзора и гигиенических кафедр медико-профилактического факультета ФГБОУ ВО «Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского» Минздрава России. По результатам исследований определены приоритетные контаминанты (хлор- и фосфорорганические пестициды, нитраты, тяжелые металлы) и их экспозиции в пищевых продуктах. Установлены комплексные показатели химической суммарной нагрузки при их поступлении в организм. Доказана безопасность поступления химических поллютантов в медианных концентрациях с местными пищевыми продуктами большинства сельскохозяйственных районов региона и, напротив, их существенная опасность в экспозициях на уровне 90-го перцентиля. На основе проведенных исследований разработана адресная документация для принятия санитарной службой управленческих решений [15–17].

Ежегодно проводимые (ранее Саратовским институтом сельской гигиены, а теперь Саратовским медицинским научным центром Роспотребнадзора) конференции также являются ярким примером координации в деятельности принятия совместных научно-практических решений. Одними из важнейших вопросов, выносимыми на обсуждение научной и практической общественности в процессе работы конференции, являются проблемы, связанные с химической контаминацией (тяжелыми металлами, нитратами, пестицидами) региональной пищевой продукции, соблюдением установленных требований при организации питания обучающихся в образовательных организациях Саратовской области, и многие другие [18–23].

Важным направлением совместной работы органов Роспотребнадзора федерального и регионального уровня, а также профилактических кафедр Саратовского медицинского университета, является проведение научных исследований, позволяющих осуществить переход фундаментальных разработок в прикладную область с дальнейшим внедрением полученных результатов в практику.

Одним из важнейших этапов алгоритма в принятии решений по организации полноценного питания населения является третий этап, связанный с просветительской работой. Возглавлять и координировать данную работу должны две общественные организации: Областное общество гигиенистов, токсикологов и санитарных врачей, а также Общественный совет, работающий при Управлении Роспотребнадзора. Именно эти общественные организации, как правило, укомплектованные высококвалифицированными сотрудниками различных профилактических организаций, способны организовать и

проводить масштабные просветительские мероприятия. Это носит особую актуальность в связи с имеющимися данными о фактическом питании населения Саратовской области.

Особенности качественного и количественного содержания среднесуточных пищевых наборов традиционно определяются социально-экономическим уровнем и условиями жизни. Так, по данным официальной отчетности, в 2015 году ежемесячный расход на питание в среднем на одного члена семьи в Саратовской области составил 4745,0 рублей, в 2019 году увеличился на 25,6%. Также в 2015-2019 гг. в Саратовской области отмечено изменение потребления населением основных групп пищевых продуктов. Среди городских жителей определено снижение среднедушевого потребления картофеля (с 60,0 до 57,0 кг в год), масла растительного и других жиров (с 12,4 до 10,4 кг в год). В то же время потребление хлебных продуктов выросло на 6,3% (с 97,2 до 103,7 кг/год), овощей и бахчевых культур – на 15,7% (с 119,8 до 142,1 кг/год), фруктов и ягод – на 22% (с 74,3 до 95,3 кг/год), мяса и мясопродуктов – на 12,7% (с 93,1 до 106,7 кг/год), молока и молочных продуктов – на 8,1% (с 276,3 до 300,6 кг/год), яиц куриных – на 12,8% (с 237,3 до 272,2 штук/год). Установлено также увеличение среднесуточного потребления городским населением белков (с 83,7 до 92,8 г/сутки), жиров (с 113,4 до 120,0 г/сутки), углеводов (с 352,2 до 381,5 г/сутки), а также энергетической ценности рациона (2444,8 ккал/сутки в 2015 году против 2990,7 в 2019 году).

Последним этапом работы по организации полноценного питания населения является целенаправленное налаживание производства обогащенных пищевых продуктов, компенсирующего недостаточное содержание макро- и микронутриентов, витаминов, пищевых волокон и т.п. Так, на территории Саратовской области благодаря эффективной работе профилактической службы налажено на постоянной основе производство молочной пищевой продукции, обогащенной йодом, витаминами, бифидобактериями; хлебобулочной продукции, содержащей микронутриенты и пищевые волокна, отруби; кондитерской продукции с сахарозаменителями (фруктозой). При этом в работе местных хлебокомбинатов отмечается ежегодное стопроцентное увеличение производства обогащенной пищевыми волокнами и цельнозерновым сырьем хлебной продукции; в деятельности заводов по производству масел - освоение производства растительных масел (льняного, тыквенного, горчичного) с высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот.

Правильно выбранное, эффективное направление, способствующее целенаправленному росту производства местной обогащенной пищевой продукции, является показателем эффективной работы региональной санитарно-профилактической службы.

Заключение. Таким образом, проведенные исследования позволили заключить, что комплексный подход при организации питания населения с учетом региональных особенностей в организации обеспечения пищевыми продуктами в соответствии с представленным алгоритмом принятия решений позволяет в рамках эффективного исполнения Федерального проекта «Укрепление общественного здоровья» успешно создать и реализовать систему сбалансированного питания на региональном уровне. Дальнейшее привлечение внимания к этим вопросам и координация практической деятельности

позволят и далее совершенствовать научно-практические подходы по организации сбалансированного питания с учетом всех возрастных и профессиональных групп населения в регионе.

Список литературы:

1. Елисеева Ю.В., Истомин А.В., Елисеев Ю.Ю. и др. Проблемы обеспечения гигиенической безопасности питания населения в Саратовском регионе. Саратов, СГМУ; 2014: 136 с.
2. Истомин А.В., Елисеева Ю.В., Сергеева С.В. и др. Гигиенические аспекты йодного дефицита у детского населения Саратовской области. *Вопросы питания*. 2014; 83 (3): 63-68.
3. Кожанова О.И., Никонова Е.И., Урядова Л.П. Динамика качества и безопасности пищевых продуктов. Материалы XII Всероссийского съезда гигиенистов и санитарных врачей «Российская гигиена – развивая традиции, устремляемся в будущее». М.: «Дашков и К°», 2017: С. 90-94.
4. Покида А.Н., Зыбуновская Н.В. Культура питания российского населения (по результатам социологического исследования). *Здоровье населения и среда обитания – ЗНУСО*. 2022; (2): 13-22. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-2-13-22>
5. Батурин А.К., Мартинчик А.Н., Камбаров А.О. Структура питания населения России на рубеже XX и XXI столетий. *Вопросы питания*, 2020; 89 (4): 60-70. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10042>
6. Елисеева Л.Г., Махотина И.А., Калачев С.Л. Безопасность пищевых продуктов – одна из ключевых составляющих обеспечения продовольственной безопасности. *Национальная безопасность*. 2019; 1: 1-19. doi: 10.7256 /2454 - 0668.2019.1.28958
7. Карамнова Н.С., Измайлова О.В., Швабская О.Б. Методы изучения питания: варианты использования, возможности и ограничения. *Профилактическая медицина*. 2021; 24(8): 109 116.
8. Драпкина О.М., Неустроев С.С., Фролова Е.Б., Шальнова С.А., Концевая А.В., Адамчук Д.В., Баланова Ю.А., Имаева А.Э., Карамнова Н.С., Муромцева Г.А., Старикова Н.Б. Методология изучения рациона питания и поведенческих привычек населения для оценки приверженности здоровому образу жизни. *Профилактическая медицина*. 2019; 22(4): 43 50
9. Литвинова О.С., Калиновская М.В., Филатова С.А. Анализ заболеваемости ожирением населения Российской Федерации (по данным ФИФ СГМ). *Здоровье населения и среда обитания – ЗНУСО*. 2019; (9): 51-55. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2019-318-9-51-55>
10. Насыбуллина Г.М., Попова О.С., Хачатурова Н.Л., Гончарова А.С., Бабилова А.С., Липанова Л.Л., Решетова С.В. Об углубленной подготовке студентов медико-профилактического факультета по гигиене питания в рамках вариативной части образовательной программы. *Здоровье населения и среда обитания – ЗНУСО*. 2021; (10): 74-83. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-10-74-83>

11. Жолдакова З.И., Рахманов Р.С., Богомоллова Е.С., Хайров Р.Ш., Олюшина Е.А. Роль сбалансированного питания в метаболизме пищевых веществ. *Гигиена и санитария*. 2021; 100(4): 333-338. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-4-333-338>
12. Румянцева Л.А., Ветрова О.В., Истомин А.В. К вопросу о качестве и гигиенической безопасности кисломолочных продуктов (обзорная статья). *Здоровье населения и среда обитания – ЗНУСО*. 2021; 29(8): 39-47. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-8-39-47>
13. Русаков В.Н., Истомин А.В., Румянцева Л.А., Ветрова О.В., Михайлов И.Г., Ведилина М.Т. Развитие фундаментальных и прикладных исследований в области гигиены питания (обзор литературы). *Гигиена и санитария*. 2021; 100(9): 991-997. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-9-991-997>
14. Васильева Т.П., Ларионов А.В., Русских С.В., Зудин А.Б., Горенков Р.В., Васильев М.Д., Костров А.А., Хапалов А.А. Методический подход к организации мониторинга общественного здоровья Российской Федерации. *Здоровье населения и среда обитания – ЗНУСО*. 2022; (7): 7-17. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-7-7-17>
15. Елисеев Ю.Ю., Спирин В.Ф., Чехомов С.Ю., Елисеева Ю.В. Потенциальный риск для здоровья сельского населения, связанный с потреблением местных продуктов питания, содержащих остаточные количества пестицидов. *Гигиена и санитария*. 2021; 100(5): 482-488. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-5-482-488>
16. Горбачев Д.О. Гигиеническая оценка рисков здоровью трудоспособного населения, обусловленных питанием. *Здоровье населения и среда обитания – ЗНУСО*. 2019; (9): 33-39. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2019-318-9-33-39>
17. Попова А.Ю., Кузьмин С.В., Гурвич В.Б., Козловских Д.Н., Романов С.В., Диконская О.В., Малых О.Л., Кузьмина Е.А., Ярушин С.В. Информационно-аналитическая поддержка управления риском для здоровья населения на основе реализации концепции развития системы социально-гигиенического мониторинга в Российской Федерации на период до 2030 года. *Здоровье населения и среда обитания – ЗНУСО*. 2019; (9): 4-12. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2019-318-9-4-12>
18. Спирин В.Ф., Милушкина О.Ю., Елисеева Ю.В. Социально-гигиенические и поведенческие тренды, влияющие на качество жизни подростков. *Гигиена и санитария*. 2022; 101(6): 683-687. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-6-683-687>
19. Шелунцова Н.Г., Тимофеева В.В., Мажаева Т.В., Козубская В.И., Синицина С.В. Результаты мониторинга качества пищевой продукции в рамках реализации национального проекта «Демография» в Свердловской области. *Здоровье населения и среда обитания – ЗНУСО*. 2020; 9 (330): 4-9. doi: 10.35627/2219-5238/2020-330-9-4-9
20. Милушкина О.Ю., Скоблина Н.А., Маркелова С.В., Татаринчик А.А., Бокарева Н.А., Федотов Д.М. Оценка рисков здоровью школьников и студентов при воздействии обучающих и досуговых информационно-коммуникационных технологий. *Анализ риска здоровью*. 2019; 3: 135-143. doi: <https://10.21668/health.risk/2019.3.16>

21. Брико Н.И., Каменская Н.В., Королев А.А. и др. Индикатор достижения компетенций как средство управления качеством подготовки. *Медицинское образование и вузовская наука*. 2018; 2 (12): С. 6-13.
22. Зайцева Н. В., Онищенко Г. Г., Попова А. Ю., и др. Социально-экономические детерминанты и потенциал роста ожидаемой продолжительности жизни населения Российской Федерации с учетом региональной дифференциации. *Анализ риска здоровью*. 2019; 4: 14-29.
23. Ковтун О.П., Кузьмин С.В., Диконская О.В. и др. Опыт реализации системы непрерывной комплексной подготовки специалистов медико-профилактического дела в Свердловской области. *Здоровье населения и среда обитания*. 2018; 12 (309): 5-10. doi: 10.35627/2219-5238/2019- 309-12-5-10

References:

1. Eliseeva Yu.V., Istomin A.V., Eliseev Yu.Yu. at al. Problems of ensuring hygienic safety of nutrition of the population in the Saratov region. Saratov: SSMU Publ.; 2014. (In Russ)
2. Istomin A.V., Eliseeva Yu.V., Sergeeva S.V. at al. Hygienic aspects of iodine deficiency in the children's population of the Saratov region. *Nutrition issues*. 2014; 83(3):63-68. (In Russ)
3. Kozhanova O.I., Nikonova E.I., Uryadova L.P. Dynamics of quality and food safety. In: *Russian hygiene - developing traditions, we rush into the future: Proceedings of the XII All-Russian Congress of Hygienists and Sanitary Doctors*. Moscow, 2017;2:90-94. (In Russ)
4. Pokida A.N., Zybunovskaya N.V. Food Culture of the Russian Population: Results of a Sociological Survey. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*.. 2022;(2):13-22. (In Russ) <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-2-13-22>
5. Baturin AK, Martinchik AN, Kambarov AO. The transit of Russian nation nutrition at the turn of the 20th and 21st centuries. *Voprosy Pitaniya*. 2020;89(4):60–70. (In Russ.) doi: 10.24411/0042-8833-2020-10042
6. Eliseeva LG, Makhotina IA, Kalachev SL. [Food safety is one of the key components of ensuring food security.] *Natsionalnaya Bezopasnost / Nota Bene*. 2019;(1):1–19 doi: 10.7256/2454-0668.2019.1.28958
7. Karamnova NS, Izmailova OV, Shvabskaia OB. Nutrition research methods: usage cases, possibilities, and limitations. *Profilakticheskaya Meditsina*. 2021;24(8):109 116. (In Russ).<https://doi.org/10.17116/profmed202124081109>
8. Drapkina OM, Neustroev SS, Frolova EB, Shalnova SA, Kontsevaia AV, Adamchuk DV, Balanova IuA, Imaeva AE, Karamnova NS, Muromtseva GA, Starikova NB. Methodology for studying dietary intake and behavioral habits of the population to assess their adherence to healthy lifestyle. *Profilakticheskaya Meditsina*. 2019;22(4):43 50. (In Russ). <https://doi.org/10.17116/profmed20192204143>
9. Litvinova O.S., Kalinovskaya M.V., Filatova S.A. Obesity-associated morbidity analysis in the population of the Russian Federation (according to the Social-Hygienic Monitoring data of Federal Information Fund). *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya* 2019;(9):51-55. (In Russ) <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2019-318-9-51-55>

10. Nasybullina G.M., Popova O.S., Khachaturova N.I., Goncharova A.S., Babikova A.S., Lipanova L.L., Reshetova S.V. On Extensive Training of University Students of the Faculty of Preventive Medicine in Food Hygiene as a Variable Part of the Educational Program. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya* 2021;(10):74-83. (In Russ) <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-10-74-83>
11. Zholdakova Z.I., Rakhmanov R.S., Bogomolova E.S., Khayrov R.S., Olyushina E.A. The role of a balanced diet in the metabolism of nutrients. *Hygiene and Sanitation*. 2021;100(4):333-338. (In Russ.) <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-4-333-338>
12. Romyantseva L.A., Vetrova O.V., Istomin A.V. On Issues of Quality, Hygiene and Safety of Fermented Milk Products: A Review. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021;29(8):39-47. (In Russ) <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-8-39-47>
13. Rusakov V.N., Istomin A.V., Romyantseva L.A., Vetrova O.V., Mikhailov I.G., Vedilina M.T. Development of fundamental and applied research in the field of food hygiene. *Hygiene and Sanitation*. 2021;100(9):991-997. (In Russ.) <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-9-991-997>
14. Vasilieva T.P., Larionov A.V., Russkikh S.V., Zudin A.B., Gorenkov R.V., Vasiliev M.D., Kostrov A.A., Khapalov A.A. Methodological Approach to Organizing Public Health Monitoring in the Russian Federation. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;(7):7-17. (In Russ) <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-7-7-17>
15. Eliseev Yu.Yu., Spirin V.F., Chechomov S.Yu., Eliseeva J.V. Potential health risk associated with consumption of local food containing pesticide residues for the rural population. *Hygiene and Sanitation*. 2021;100(5):482-488. (In Russ) <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-5-482-488>
16. Gorbachev D.O. Hygienic assessment of risks to health of the working-age population due to nutrition. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2019;(9):33-39. (In Russ) <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2019-318-9-33-39>
17. Popova A.Yu., Kuz'min S.V., Gurvich V.B., Kozlovskikh D.N., Romanov S.V., Dikonskaya O.V., Malykh O.L., Kuz'mina E.A., Yarushin S.V. Data-driven risk management for public health as supported by the experience of implementation for development concept of the social and hygienic monitoring framework in the Russian Federation up to 2030. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2019;(9):4-12. (In Russ.) <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2019-318-9-4-12>
18. Spirin V.F., Milushkina O.Yu., Eliseeva Yu.V. Socio-hygienic and behavioral trends touching upon the quality of life of adolescents. *Hygiene and Sanitation*. 2022;101(6):683-687. (In Russ.) <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-6-683-687>
19. Sheluntsova NG, Timofeeva VV, Mazhaeva TV, Kozubskaya VI, Sinitsyna SV. Food quality monitoring results obtained within the implementation of the National Demography Project in the Sverdlovsk Region. *Public Health and Life Environment – PH&LE*. 2020;(9(330)):4–9. (In Russ) doi: 10.35627/2219-5238/2020-330-9-4-9
20. Milushkina OYu, Skoblina NA, Markelova SV, Tatarinchik AA, Bokareva NA, Fedotov DM. Assessing health risks for schoolchildren and students caused by exposure to educational and

- entertaining information technologies. *Health Risk Analysis*. 2019;(3):135–143. doi: 10.21668/health.risk/2019.3.16.eng
21. Briko NI, Kamenskaya NV, Korolev AA, et al. Indicator of competencies achievement as a means of quality management in the training of preventive medicine specialists. *Meditinskoe Obrazovanie i Vuzovskaya Nauka*. 2018;(2(12)):6–13. (In Russ)
22. Zaitseva NV, Onishchenko GG, Popova AYU, et al. Social and economic determinants and potential for growth in life expectancy of the population in the Russian Federation taking into account regional differentiation. *Health risk analysis*. 2019; 4: 14–29. (in Russ). DOI: 10.21668/health.risk/2019.4.02
23. Kovtun OP, Kuzmin SV, Dikonskaya OV, et al. Experience in the implementation of continuous integrated training system for specialists of medico-preventive business in the Sverdlovsk region. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2018;(12(309)):5–10. (In Russ) doi: 10.35627/2219-5238/2019-309-12-5-10

Поступила/Received: 17.04.2023

Принята в печать/Accepted: 16.10.2023

УДК 579.63:614.4:579.8

РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ ЛЕГИОНЕЛЛ В ОБЪЕКТАХ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ МЕДИЦИНСКИХ ОРГАНИЗАЦИЙ

Патяшина М.А.^{1,2}, Сизова Е.П.³, Ставропольская Л.В.³, Бадамшина Г.Г.^{3,4}, Малинина Л.А.⁴,
Волостнова Е.С.³, Фатхутдинова Л.М.⁴

¹Управление Роспотребнадзора по Республике Татарстан (Татарстан), Казань, Россия

²КГМА-филиал ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России, Казань, Россия

³ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Татарстан (Татарстан)»,
Казань, Россия

⁴ФГБОУ ВО Казанский ГМУ Минздрава России, Казань, Россия

В связи с необходимостью изучения колонизации водной среды медицинских организаций возбудителем легионеллеза целью данной работы является проведение микробиологических исследований систем водоснабжения по обнаружению возбудителя легионеллеза в различных отделениях медицинских учреждений.

Цель исследования - изучение распространенности легионелл в водных объектах внешней среды медицинских организаций Республики Татарстан.

Методы и материалы. Микробиологические исследования проведены в соответствии с МУК 4.2.2217-07 «Выявление бактерий *L. pneumophila* в объектах окружающей среды», с помощью бактериологического метода на среде БУДРАГ с последующей инкубацией при температуре 37°C в течение 10 дней в условиях повышенной влажности 2,5% CO₂. Идентификация до вида осуществлена с помощью латекс-агглютинации, а также методом ПЦР. Оценка роста легионелл проведена в соответствии с нормативной документацией.

Результаты. Анализ проведенных исследований установил, что за период с 2021 по 2022 год наблюдается увеличение числа положительных проб воды по обнаружению возбудителя легионеллеза. В системе водоснабжения медицинских организаций установлено, что в 11,6% образцов горячего водоснабжения и в 0,91% холодного водоснабжения была обнаружена *Legionella pneumophila*; в смывах и пробах воды из бассейна медицинских учреждений легионеллы обнаружены не были.

Ключевые слова: санитарная микробиология, легионелла, медицинские организации, эпидемиологический процесс.

Для цитирования: Патяшина М.А., Сизова Е.П., Ставропольская Л.В., Бадамшина Г.Г., Малинина Л.А., Волостнова Е.С., Фатхутдинова Л.М.. Распространенность легионелл в объектах внешней среды медицинских организаций. Медицина труда и экология человека. 2023; 4:172-181.

Для корреспонденции: Бадамшина Гульнара Галимяновна, кандидат медицинских наук, ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Татарстан (Татарстан)», заведующая отделом микробиологических исследований, ggbadamshina@yandex.ru.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10413>

PREVALENCE OF LEGIONELLA IN EXTERNAL ENVIRONMENTAL OBJECTS OF HEALTH-CARE INSTITUTIONS

M.A. Patyashina^{1,2}, E.P. Sizova³, L.V. Stavropolskaya³, G.G. Badamshina^{3,4}, L.A. Malinina⁴, E.S. Volostnova³, L.M. Fatkhutdinova⁴

¹ Department of the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare in the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia

² KSMA-branch of FGBOU DPO RMANPO of the Russian Health Ministry, Kazan, Russia

³ Center for Hygiene and Epidemiology in the Republic of Tatarstan (Tatarstan)", Kazan, Russia

⁴ Kazan State Medical University of the Russian Health Ministr, Kazan, Russia

Introduction. Due to the need to study the colonization of the aquatic environment of health-care institutions by the causative agent of legionellosis, the purpose of this work is to conduct microbiological studies of water supply systems to detect the causative agent of legionellosis in various departments of health-care institutions.

Materials and methods. Microbiological studies were carried out in accordance with MUK 4.2.2217-07 "Detection of *L. pneumophila* bacteria in environmental objects", using a bacteriological method on BUDRAG medium, followed by incubation at a temperature of 37°C for 10 days in conditions of high humidity 2.5 %CO₂. Identification to the species was carried out using latex agglutination, as well as by PCR. Legionella growth was assessed in accordance with regulatory documents.

Results. An analysis of the studies conducted has established that for the period between 2021 and 2022, there is an increase in the number of positive water samples for the detection of the legionellosis pathogen. In the water supply system of health-care institutions, it was found that *Legionella pneumophila* was found in 11.6% of samples of hot water supply and 0.91% of cold water supply; *Legionella* was not found in washouts and water samples from the pool of medical institutions.

Keywords: sanitary microbiology, legionella, medical organizations, epidemiological process.

For citation: Badamshina L.A., Malinina E.S., Volostnova L.M., Fatkhutdinova L.M. Prevalence of Legionella in external environmental objects of health-care institutions. *Occupational Health and Human Ecology*. 2023; 4:172-181.

For correspondence: Gulnara G. Badamshina, Cand.Sc. (Medicine), Center for Hygiene and Epidemiology in the Republic of Tatarstan (Tatarstan), Head of the Department of Microbiological Research, ggbadamshina@yandex.ru

Financing: the study had no financial support.

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

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10413>

Введение. До начала пандемии новой коронавирусной инфекции *Legionella pneumophila* занимала одно из приоритетных мест в структуре возбудителей тяжелых внебольничных пневмоний. Фактором риска развития легионеллезной инфекции служит колонизация легионеллами водной среды медицинских организаций [1,2,6]. Возбудители легионеллеза, передающиеся через воду, представляют серьезную угрозу для тяжелобольных пациентов с ослабленным иммунитетом [3,3,4,7].

Методы и материалы. Пробы отобраны в течение 2021-2022 гг. на объектах системы горячего водоснабжения медицинских организаций в отделениях групп риска (отделения, где применяется иммуносупрессивная терапия: трансплантология, онкология, хирургия, реанимация, интенсивная терапия, ожоговые отделения, перинатальная и неонатальная патология) и организациях социального обслуживания (n=1007).

Регламентируемым значением являлось отсутствие *Legionella pneumophila* КОЕ/л (приложение 33 СанПиН 3.3686-21); для систем холодного водоснабжения не более 1000 КОЕ/л (приложение 33 СанПиН 3.3686-21); для систем централизованного питьевого водоснабжения, в том числе горячего водоснабжения, не более 100 КОЕ/дм³ (табл. 3.5 СанПиН 1.2.3685-21).

Статистическая обработка данных проведена с помощью программного обеспечения Microsoft Excel.

Результаты. Следует отметить, что для микробиологического мониторинга бактерий рода *Legionella* spp. за период с 2021 по 2022 годы было отобрано 2083 пробы воды и 1118 смывов в целом по Республике Татарстан. Среди них в медицинских организациях было исследовано 589 проб воды объемом 0,5-1,0 л, 418 смывов в объеме 2 мл и 16 проб воды из бассейна.

Уровень контаминации воды в медицинских организациях легионеллой с 2021 по 2022 годы колебался с 20 КОЕ/дм³ до 7000 КОЕ/дм³ (табл. 1). Наибольшая концентрация легионелл в горячей воде была выделена из водопроводного крана детской больницы и составила 7000 КОЕ/дм³. Наименьший уровень концентрации легионелл в горячей воде обнаружен в хирургических и реанимационных отделениях и колебался с 20 КОЕ/дм³ до 80 КОЕ/дм³, однако в процедурном кабинете гнойной хирургии уровень контаминации составил 420 КОЕ/дм³. Установлено, что в 2 положительных пробах системы холодного водоснабжения легионеллы были обнаружены в родильных отделениях (табл. 2).

Таблица 1

Данные лабораторных исследований на *Legionella pneumophila* горячего и холодного водоснабжения медицинских организаций за 2021-2022 гг.

Table 1

Data from laboratory tests for *Legionella pneumophila* in hot and cold water supplies of health-care institutions between 2021 and 2022

Год	2021	2022
Количество проб		
Количество исследованных проб воды в МО, удельный вес в структуре исследованных проб	286 (48,6%)	303 (51,4%)
Количество положительных проб воды в МО, удельный вес в структуре исследованных проб	17 (5,94%)	28 (9,24%)
Концентрация легионелл, КОЕ/дм³		
Минимальная концентрация	20 КОЕ/дм ³	20 КОЕ/дм ³
Максимальная концентрация	7000 КОЕ/дм ³	940 КОЕ/дм ³
Серогруппа <i>Legionella pneumophila</i>, %		
Серогруппа 1, удельный вес в структуре	35,3%	25%
Серогруппа 2-14, удельный вес в структуре	64,7%	75%

Таблица 2

Уровень концентрации легионелл в горячей и холодной воде хирургических, реанимационных и родильных отделений

Table 2

Legionella concentration levels in hot and cold water in surgical, intensive care and maternity wards

Отделения медицинских организаций	Точка отбора воды	Концентрация, КОЕ/дм ³	Серогруппа Legionella pneumophila
Отделение хирургии	Вода горячая из водопроводного крана операционной	20 КОЕ/дм ³	2-14
Отделение реанимации и интенсивной терапии	Вода горячая из водопроводного крана ОРИТ	20 КОЕ/дм ³	2-14
Отделение реанимации и интенсивной терапии	Вода горячая из водопроводного крана палаты №3	20 КОЕ/дм ³	2-14
Отделение реанимации и интенсивной терапии	Вода горячая из водопроводного крана санитарного пропускника	40 КОЕ/дм ³	2-14
Отделение реанимации и интенсивной терапии	Вода горячая из водопроводного крана санитарного пропускника	20 КОЕ/дм ³	2-14
Отделение реанимации и интенсивной терапии	Вода горячая из водопроводного крана ОРИТ	80 КОЕ/дм ³	1
Отделение гнойной хирургии	Вода горячая из водопроводного крана в процедурном кабинете гнойной хирургии	420 КОЕ/дм ³	2-14
Родильное отделение	Вода холодная из водопроводного крана	1300 КОЕ/дм ³	2-14
Родильное отделение	Вода холодная из водопроводного крана	1360 КОЕ/дм ³	2-14

Серологическая идентификация легионелл до вида показала, что за весь исследуемый период преобладающей явилась серогруппа 2-14, которая составила 71,0% (против 29,0% серогруппы 1). Число штаммов *Legionella pneumophila* серогруппы 2-14 по сравнению с 2021 годом увеличилось в 1,9 раза.

По полученным данным, наибольшее количество положительных проб легионелл в медицинских учреждениях выявлено в летне-осенний период, а наименьшее количество – в зимнее время года (рис. 1).

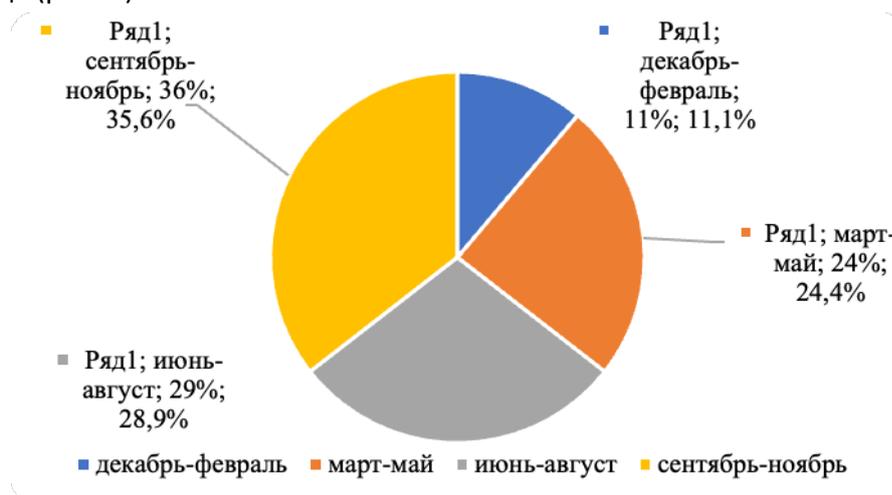


Рис. 1. Доля положительных проб воды холодного и горячего водоснабжения МО в различные периоды года

Fig. 1. Proportion of positive water samples from the cold and hot water supply of the medical organizations in different periods of the year

Обсуждение. Исследования, посвященные распространенности легионелл в водных объектах медицинских учреждений, отражены в работах ряда авторов [8,8,10]. По мнению исследователей, особую опасность для распространения легионелл в стационарах представляет контаминация легионеллами медицинского оборудования и инструментов, применяющихся при хирургических вмешательствах, интубации, искусственной вентиляции легких, аспирации и парентеральном питании [11]. По результатам проведенных нами лабораторных исследований смывов с медицинского инструментария, легионеллы не обнаружены. Тем не менее полученные нами данные по контаминации легионеллами воды холодного и горячего водоснабжения медицинских организаций не исключают риск развития инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи, легионеллезной этиологии. Вероятность возникновения легионеллеза зависит не только от состояния иммунной системы человека, но и от уровня контаминации водных объектов патогеном [8]. Важно отметить, что при внутрибольничном легионеллезе снижается заражающая доза возбудителя – для возникновения инфекции достаточно нескольких клеток легионелл [16].

Идентификация легионелл показала, что за период с 2021 по 2022 годы наиболее часто обнаруживались серогруппы 2-14, которые могут явиться причиной развития внутрибольничного легионеллеза, к которому наиболее восприимчивы пациенты с ослабленной иммунной системой, в том числе перенесшие трансплантацию органов и

пациенты с онкологическими заболеваниями [12,13,14]. Причиной развития инфекционного процесса преимущественно у пациентов со сниженной иммуногенной реактивностью является сочетание высокой концентрации легионелл в водной среде с источниками мелкодисперсного аэрозоля, который способен проникать в нижние отделы респираторного тракта человека, где происходит контакт с альвеолярными макрофагами, в которых вирулентные штаммы возбудителя активно размножаются [15]. Поэтому необходимо для предотвращения развития легионеллезной инфекции, особенно в медицинских организациях, своевременно проводить профилактические мероприятия для снижения концентрации возбудителя до безвредного уровня. К профилактическим мероприятиям относятся: поддержание и контроль постоянной температуры воды в системе горячего водоснабжения выше 60 °С и ниже 20 °С в системе холодного водоснабжения; постоянный микробиологический мониторинг качества воды; надлежащее техническое обслуживание соответствующих устройств водопроводной системы, включая регулярную чистку и дезинфекцию; уменьшение застоя воды путем еженедельного слива воды из неиспользуемых кранов в зданиях [12].

Для легионеллезной инфекции, по данным вышеуказанной литературы, характерна летне-осенняя сезонность. Согласно полученным нами результатам, пробы воды медицинских учреждений, положительные на легионеллу, были значительно выше летом и осенью по сравнению с зимой, что согласуется с другими исследованиями, авторы которых связали это с фактом влияния температуры в качестве основной причины снижения уровня легионелл [17,18]. Данное явление может быть также связано с отключением горячей воды в эти периоды года, когда проводятся санитарно-технические работы. Это создает благоприятные условия для накопления в сети возбудителя в высоких концентрациях. Недостаточно высокая температура воды и отсутствие рециркуляции внутри системы водоснабжения способствует образованию застойных зон в трубопроводе. При колонизации таких участков легионеллами возникает постоянный действующий источник возбудителя в водопроводной сети и формируются биопленки. Образование биопленок играет существенную роль в выживании и размножении легионелл. Бактерии легионелл в составе биопленок отличаются повышенной устойчивостью к антибактериальным препаратам, дезинфицирующим веществам и термической дезинфекции. Известно, что способ дезинфекции воды с помощью свободного хлора практически неэффективен против легионелл, находящихся в составе биопленок [19], в связи с чем медицинским организациям, где обнаруживалось большое количество легионелл, может быть рекомендовано применение других дезинфектантов. Термическая дезинфекция, являясь наиболее распространенным, недорогим и эффективным методом борьбы с *L. pneumophila*, также не устраняет бактериальную биопленку [20]. Вопрос изучения биопленок в настоящее время продолжает оставаться актуальным и требует более широкого мониторинга и проведения дальнейших исследований, особенно в стационарах.

Заключение. Удельный вес нестандартных проб по наличию и превышению количества бактерий *Legionella pneumophila* в системе горячего водоснабжения медицинских организаций составил 11,6%, в системе холодного водоснабжения -0,91 %, при

уровне контаминации воды *Legionella pneumophila* (серогруппы 2-14) в медицинских организациях 20-7000 КОЕ/дм³, с преимущественной сезонностью в летне-осеннее время.

Список литературы:

1. Ботвинкин А.Д., Свистунов В.В., Сидорова Е.А. и др. Подтверждение легионеллеза у умерших с проявлениями пневмонии в г. Иркутске. *Фундаментальная и клиническая медицина*. 2021; 6(4):82-89.
2. Каримова Т. В., Гонтарев Д. В., Парахина Л. И., Парахина А. И. Мониторинг и оценка эпидемиологической ситуации легионеллеза в Новосибирской области в период 2014-2021 гг. *Cognitio Rerum*. 2022; 10: 70-74.
3. Brooke K Decker, Tara N Palmore. The role of water in healthcare-associated infections. *Curr Opin Infect Dis*. 2013; 26(4):345–51.
4. Rutala WA, Weber DJ. Water as a reservoir of nosocomial pathogens. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 1997; 18(9):609-16.
5. Ferranti G, Marchesi I, Favale M, Borella P, Bargellini A. Aetiology, source and prevention of waterborne healthcare-associated infections: a review. *J Med Microbiol*. 2014; 63(pt 10):1247–1259.
6. Панасюк Ю.В., Кондаурова С.Л., Громыко И.Н., Тонко О.В. Мероприятия технического характера в профилактике легионеллезной пневмонии. *Гематология. Трансфузиология. Восточная Европа*. 2022; Т. 8. № 3: 318-323.
7. Груздева О.А., Тартаковский И.С., Карпова Т.И., Мариненко О.В. Особенности эпидемиологии и методы профилактики нозокомиального легионеллеза. *Эпидемиология и вакцинопрофилактика*. 2014; № 1 (74):19-23.
8. Тартаковский И.С., Груздева О.А., Шарапченко С.О., Габриэлян Н.И. Контаминация штаммами *Legionella pneumophila* систем водоснабжения в многопрофильных стационарах. *Вестник трансплантологии и искусственных органов*. 2021; Т. 23. № 1:125-130.
9. Груздева О.А., Тартаковский И.С. Актуальные вопросы эпидемиологии и лабораторной диагностики легионеллеза, связанного с оказанием медицинской помощи. *Медицинский альманах*. 2015; № 5 (40): 44-47.
10. Груздева О. А., Тартаковский И.С., Марьин Г.Г. Исследование контаминации систем водоснабжения лечебных учреждений возбудителем легионеллеза. *Военно-медицинский журнал*. 2012; Т. 333. № 5:34-37.
11. Лемещенко Е. Ю., Михальков М. А. Легионеллез в лечебных учреждениях. *Медицинская сестра*. 2013; № 5:13-16.
12. ВОЗ: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/legionellosis>.
13. Груздева О. А., Тартаковский И. С., Шарапченко С. О., Габриэлян Н. И. О рисках развития легионеллезной пневмонии у пациентов на фоне иммуносупрессии. *Медицинский алфавит*. 2020; №34:22-27.

14. Коломиец Н. Д., Тонко О. В., Романова О. Н. и др. Обнаружение легионелл во внутрибольничной среде. *Здоровье и окружающая среда*. 2015; № 25-1:45-49.
15. Лаптева С.В., Шестаковская Е.О. Легионеллы – возбудители легионеллезов, роль легионелл в стоматологии. Сборник материалов международных научно-практических конференций под редакцией Коротких А.А. 2018;488-493.
16. Ерусланов Б.В., Светоч Э.А., Мицевич И.П. Легионеллез и его лабораторная диагностика. *Бактериология*. 2018; 3(3): 58–67.
17. Ley C.J.; Proctor C.R.; Singh G. et al. Drinking Water Microbiology in a Water-Efficient Building: Stagnation, Seasonality, and Physicochemical Effects on Opportunistic Pathogen and Total Bacteria Proliferation. *Environ. Sci. Water Res. Technol.* 2020; 6:2902-2913.
18. Liu L.; Xing X.; Hu C.; Wang H. One-Year Survey of Opportunistic Premise Plumbing Pathogens and Free-Living Amoebae in the Tap-Water of One Northern City of China. *J. Environ. Sci.* 2019;77:20–31.
19. Тартаковский И.С., Груздева О.А., Габриэлян Н.И. Современное состояние проблемы нозокомиального легионеллеза. *Вестник трансплантологии и искусственных органов*. 2010;Т. 12. № 4:61-71.
20. Zborowska-Dobosz R, Kuziemski A., Maron M., Bahn D., Owczarek A. Legionella contamination of hospital hot water supply systems in the light of research conducted in 2008-2010 as part of supervision by the Country Sanitary Inspector in Bydgoszcz. *Przegl Epidemiol.* 2011;65(3): 441-5.

References:

1. Botvinkin A.D., Svistunov V.V., Sidorova E.A. et al. Confirmation of legionellosis in deceased persons with manifestations of pneumonia in Irkutsk. *Fundamental'naya i klinicheskaya medicina*. 2021; 6(4):82-89. (In Russ)
2. Karimova T. V., Gontarev D. V., Parahina L. I., Parahina A. I. Monitoring and assessment of the epidemiological situation of legionellosis in the Novosibirsk region in the period 2014-2021. *Cognitio Rerum*. 2022; 10: 70-74. (In Russ)
3. Brooke K Decker, Tara N Palmore. The role of water in healthcare-associated infections. *Curr Opin Infect Dis*. 2013; 26(4):345–51.
4. Rutala WA, Weber DJ. Water as a reservoir of nosocomial pathogens. *Infect Control HospEpidemiol*. 1997; 18(9):609-16.
5. Ferranti G, Marchesi I, Favale M, Borella P, Bargellini A. Aetiology, source and prevention of waterborne healthcare-associated infections: a review. *J Med Microbiol*. 2014; 63(pt 10):1247–1259.
6. Panasyuk YU.V., Kondaurova S.L., Gromyko I.N., Tonko O.V. Technical measures in the prevention of legionella pneumonia Hematology. *Transfusiology. Eastern Europe. Vostochnaya Evropa*. 2022; Vol. 8. № 3: 318-323. (In Russ)

7. Gruzdeva O.A., Tartakovskij I.S., Karpova T.I., Marinenko O.V. Features of epidemiology and methods of prevention of nosocomial legionellosis. *Epidemiologiya i vakcinoprofilaktika*. 2014; № 1 (74):19-23. (In Russ)
8. Tartakovskij I.S., Gruzdeva O.A., SHarapchenko S.O., Gabrielyan N.I. Contamination of water supply systems in multidisciplinary hospitals with *Legionella pneumophila* strains. *Vestnik transplantologii i iskusstvennyh organov*. 2021; Vol. 23. № 1:125-130. (In Russ)
9. Gruzdeva O.A., Tartakovskij I.S. Current issues in the epidemiology and laboratory diagnosis of legionellosis associated with the provision of medical care. *Medicinskij al'manah*. 2015; № 5 (40): 44-47. (In Russ)
10. Gruzdeva O. A., Tartakovskij I.S., Mar'in G.G. Study of contamination of water supply systems of medical institutions with the causative agent of legionellosis. *Voенно-медицинский журнал*. 2012; T. 333. № 5:34-37. (In Russ)
11. Lemeshchenko E. YU., Mihalkov M. A. Legionellosis in medical institutions. *Medicinskaya sestra*. 2013; № 5:13-16. (In Russ)
12. VOZ: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/legionellosis>.
13. Gruzdeva O. A., Tartakovskij I. S., Sharapchenko S. O., Gabrielyan N. I. About the risks of developing legionella pneumonia in patients on the background of immunosuppression. *Medicinskij al'favit*. 2020; №34:22-27. (In Russ)
14. Kolomiec N. D., Tonko O. V., Romanova O. N. et al. Detection of *Legionella* in the nosocomial environment. *Zdorov'e i okruzhayushchaya sreda*. 2015; № 25-1:45-49. (In Russ)
15. Lapteva S.V., SHestakovskaya E.O. *Legionella* - the causative agents of legionellosis; the role of legionella in dentistry. *Sbornik materialov mezhdunarodnyh nauchno-prakticheskikh konferencij pod redakciej Korotkih A.A.* 2018;488-493. (In Russ)
16. Eruslanov B.V., Svetoch E.A., Mitsevich I.P. Legionellosis and its laboratory diagnosis. *Bakteriologiya*. 2018; 3(3): 58–67. (In Russ)
17. Ley C.J.; Proctor C.R.; Singh G. et al. Drinking Water Microbiology in a Water-Efficient Building: Stagnation, Seasonality, and Physicochemical Effects on Opportunistic Pathogen and Total Bacteria Proliferation. *Environ. Sci. Water Res. Technol.* 2020; 6:2902-2913.
18. Liu L.; Xing X.; Hu C.; Wang H. One-Year Survey of Opportunistic Premise Plumbing Pathogens and Free-Living Amoebae in the Tap-Water of One Northern City of China. *J. Environ. Sci.* 2019;77:20–31.
19. Tartakovskij I.S., Gruzdeva O.A., Gabrielyan N.I. Current state of the problem of nosocomial legionellosis. *Vestnik transplantologii i iskusstvennyh organov*. 2010;T. 12. № 4:61-71. (In Russ)
20. Zborowska-Dobosz R, Kuziemski A., Maron M., Bahn D., Owczarek A. Legionella contamination of hospital hot water supply systems in the light of research conducted in 2008-2010 as part of supervision by the Country Sanitary Inspector in Bydgoszcz. *Przegl Epidemiol.* 2011;65(3): 441-5.

УДК: 579. 614.3.

РЕЗУЛЬТАТЫ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ОБЪЕКТОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В ДЕТСКОМ МНОГОПРОФИЛЬНОМ СТАЦИОНАРЕ

Мухаметзянов А.М.¹, Кайданек Т.В.¹, Латыпов А.А.^{1,2}, Асылгареева Г.М.¹, Валеева Д.С.²,
Пономарева Д.Н.², Асхадуллина С.М.²

¹ ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет», Уфа, Россия

² ГБУЗ «Республиканская детская клиническая больница», Уфа, Россия

В статье представлены результаты микробиологического мониторинга объектов окружающей среды детского многопрофильного стационара. Целью исследования является анализ результатов микробиологического мониторинга в части бактериологических исследований объектов окружающей среды отделений многопрофильного детского стационара для оптимизации эпидемиологического надзора.

Материалы и методы. *Материалом для исследования послужили смывы с объектов внешней среды помещений категории А, Б и В, которые были проанализированы за 2017-2022 гг. Взятие материала осуществлялось по графику - ежемесячно в количестве 5-10 проб в соответствующем помещении, согласно плану производственного контроля, после проведения генеральных уборок, согласно СанПиН 3.3686-21 «Санитарно-эпидемиологические требования по профилактике инфекционных болезней». Идентификацию выделенных культур проводили классическими бактериологическими методами. В последующем выделенные микроорганизмы были систематизированы до вида. Рассчитаны показатели частоты (%) выделения культур различных микроорганизмов из количества отобранных проб. Проведено сравнение показателей частоты (%) выделенных культур, а также видов выделенных микроорганизмов в различных отделениях многопрофильного детского стационара. Для относительных величин рассчитывался доверительный интервал (95%). Расчеты проведены с использованием эпидемиологического калькулятора *ConfidenceIntervalCalculator*.*

Результаты. *В структуре выделенных культур за анализируемый период основную долю занимают грамотрицательные микроорганизмы - 75,8%. В структуре последних наибольшая часть представлена *Pseudomonasaeruginosa* (25,1%), бактериями группы кишечной палочки (БГКП) (22,5%). Грамположительные микроорганизмы составили 24,0%. Большая часть среди грамположительных микроорганизмов представлена *Staphylococcus aureus* (95,7%). Среди отделений риска, по частоте положительных смывов, наиболее высокие показатели были в отделениях анестезиологии и реанимации №1, №2, отделении патологии новорожденных и недоношенных детей, операционных блоках. Локусами с наибольшей частотой выделения положительных проб в отделениях риска явились: ручки крана, аппараты ИВЛ, спецодежда медицинского персонала, руки медицинского персонала.*

Усиление противоэпидемического режима в ряде отделений дает положительные результаты. В отделениях риска сохраняется эпидемиологический риск, что указывает на необходимость поиска новых технологий дезинфекции, повышения компетенции

персонала для результативности обеспечения эпидемиологической безопасности. Результаты исследования являются обоснованием необходимости усиления интегрированных действий менеджеров сестринского процесса и эпидемиологической службы в медицинской организации по контролю качества уборок, обработки рук медицинского персонала и смены спецодежды для снижения эпидемиологического риска.

Ключевые слова: микробиологический мониторинг, отделения риска, сестринский процесс, эпидемиологический риск, эпидемиологический надзор.

Для корреспонденции: Латыпов Алмаз Айратович – клинический ординатор кафедры эпидемиологии ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России, e-mail: almaz.latur@mail.ru.

Для цитирования: Мухаметзянов А.М., Кайданек Т.В, Латыпов А.А., Асылгареева Г.М., Валеева Д.С., Пономарева Д.Н., Асхадуллина С.М. Результаты микробиологического мониторинга объектов окружающей среды в детском многопрофильном стационаре. Медицина труда и экология человека. 2023;4:182-195.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы данной статьи сообщают об отсутствии конфликта интересов.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10414>

RESULTS OF MICROBIOLOGICAL MONITORING OF ENVIRONMENTAL OBJECTS IN THE CHILDREN'S MULTIDISCIPLINARY HOSPITAL

Mukhametzyanov A.M.¹, Kaidanek T.V.¹, Latypov A.A.^{1,2}, Asylgareeva G.M.¹, Valeeva D.S.², Ponomareva D.N.², Askhadullina S.M.²

¹ Bashkirshft State Medical University, Ufa

² Republican Children's Clinical Hospital", Ufa

The article presents the results of microbiological monitoring of environmental objects of a children's multidisciplinary hospital. The aim of the study is to analyze the results of microbiological monitoring in terms of bacteriological studies of environmental objects in the departments of a multidisciplinary children's hospital to optimize epidemiological surveillance.

Materials and methods. *The material for the study was flushed from the objects of the external environment of the premises of category A, B and C, which were analyzed between 2017 and 2022. The frequency of taking the material was carried out according to the schedule - monthly in the amount of 5-10 samples in the appropriate room, according to the production control plan. The material was taken after the general cleaning, according to SanPiN 3.3686-21 "Sanitary and epidemiological requirements for the prevention of infectious diseases". Identification of isolated cultures was carried out by classical bacteriological methods. Subsequently, the isolated microorganisms were systematized to the species. The indicators of the frequency (%) of isolation of cultures of various microorganisms from the number of samples taken were calculated. A comparison of the frequency (%) of isolated cultures, as well as the types of isolated microorganisms in various departments of a multidisciplinary children's hospital was carried out. A*

confidence interval (95%) was calculated for relative values. The calculations were carried out using the Confidence Interval Calculator epidemiological calculator.

Results. In the structure of isolated cultures for the period studied, the main share is represented by gram-negative microorganisms 75.8%. In the structure of the latter, the largest part is represented by *Pseudomonas aeruginosa* (25.1%), bacteria of the *Escherichia coli* group (BGCP) (22.5%). Gram-positive microorganisms accounted for 24.0%. Most of the gram-positive microorganisms are represented by *Staphylococcus aureus* (95.7%). Among the risk departments, according to the frequency of positive flushes, the highest rates were in the departments of anesthesiology and intensive care No. 1, No. 2, in the department of pathology of newborns and premature infants, in operating units. The loci with the highest frequency of positive samples in the risk departments were: crane handles, ventilators, overalls of medical personnel, hands of medical personnel.

Strengthening of the anti-epidemic regime in a number of departments gives positive results. Epidemiological risk remains in risk departments, which indicates the need to search for new disinfection technologies and increase the competence of personnel for the effectiveness of ensuring epidemiological safety. The results of the study substantiate the need to strengthen the integrated actions of managers of the nursing process and the epidemiological service in a medical organization to control the quality of cleaning, hand treatment of medical personnel and the change of overalls to reduce the epidemiological risk.

Keywords: Microbiological monitoring, risk departments, nursing process, epidemiological risk, epidemiological surveillance.

For citation: Mukhametzyanov A.M., Kaidanek T.V., Latypov A.A., Asylgareeva G.M., Valeeva D.S., Ponomareva D.N., Askhadullina S.M. Results of microbiological monitoring of environmental objects in the children's multidisciplinary hospital. *Occupational Health and Human Ecology*, 2023;4:182-195.

For correspondence: Almaz A. Latypov - Resident at the Department of Epidemiology of the Bashkirian State Medical University of the Russian Health Ministry, e-mail: almaz.latup@mail.ru.

Financing: The study had no financial support.

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10414>

Введение. Вопросы эпидемиологической безопасности затрагивают различные сферы здравоохранения и требуют междисциплинарного подхода для принятия управленческих решений специалистами различного профиля [1,2]. Понятие «эпидемиологической безопасности» включает в себя: эпидемиологическую диагностику, микробиологический мониторинг, рациональное использование антимикробных лекарственных средств для лечения и профилактики ИСМП (инфекции, связанные с оказанием медицинской помощи), безопасность медицинских технологий, безопасность медицинского персонала, система эффективной стерилизации медицинских инструментов и безопасность больничной среды [1,3].

Микробиологический мониторинг объектов внешней среды в стационаре – это неотъемлемая часть, обеспечивающая эпидемиологическую безопасность в медицинской организации в рамках исполнения эпидемиологического надзора. Бактериологические исследования являются одним из объективных методов и дают ценную информацию о микроорганизмах, циркулирующих в условиях медицинской организации [3,4]. Результатом микробиологического мониторинга является оценка состава микробного пейзажа стационара для своевременного выявления его динамических изменений, а следовательно, системного реагирования по обеспечению эпидемиологической безопасности [5]. Микробиологический мониторинг позволяет определить ведущие факторы риска, которые могут повлиять на эпидемиологическую ситуацию в условиях госпитальной среды [2,5,6]. Изучение особенностей циркулирующих микроорганизмов на локальном уровне надзора является важной научно-практической задачей.

Цель исследования – анализ результатов микробиологического мониторинга в части бактериологических исследований объектов окружающей среды отделений многопрофильного детского стационара для оптимизации эпидемиологического надзора.

Материалы и методы. Исследование было проведено на базе детской клинической больницы на 700 коек, построенной по типовому проекту. Микробиологический мониторинг проводился на основании требований документов: МР 4.2.0220-20. 4.2 «Методы контроля. Биологические и микробиологические факторы. Методы санитарно-бактериологического исследования микробной обсемененности объектов внешней среды», МУК 4.2.2942-11 «Методы санитарно-бактериологических исследований объектов окружающей среды, воздуха и контроля стерильности в лечебных организациях». Объектом контроля были помещения категории А, Б и В, являющиеся территорией высокого эпидемиологического риска. Смывы были взяты с объектов внешней среды операционных блоков (категория помещения А), послеоперационных палат (категория помещения А), перевязочных и процедурных кабинетов различных отделений медицинской организации хирургического и соматического профиля (категория помещения Б), в отделениях и палатах анестезиологии и реанимации (категория помещения Б), палаты хирургических и соматических отделений (категория помещения В), коридоры, примыкающие к операционным залам, и ординаторские (категория помещения В). Смывы были взяты с объектов: кровати, матрасы, кушетки, подоконники, раковины, ручки кранов, ручки дозаторов, руки медицинского персонала, полки холодильников, полки шкафов, столы, весы, ИВЛ аппаратура, стойки мониторов, спецодежда медицинского персонала, чистые контейнеры и крышки для дезинфицирующих растворов, консоли, штативы, стены помещений, выключатели света. Анализ результатов бактериологических исследований проведен в динамике за 2017-2022 гг. Всего за изучаемый период было выполнено 97711 смывов с объектов больничной среды, выделено и идентифицировано 488 культур различных микроорганизмов.

Отбор проб для контроля частоты и характера микробной контаминации объектов внешней среды и рук персонала проводился методом смывов стерильными ватными тампонами, смонтированными в пробирки. Взятие материала осуществлялось по графику -

ежемесячно в количестве 5-10 проб в каждом помещении, согласно ежегодно обновляемому плану производственного контроля. Выделение культур проводилось с использованием питательных сред (солевой бульон, среда Кесслера, мясо-пептонный агар, сахарный бульон, среда №8 и №9). Идентификацию выделенных чистых культур проводили классическими бактериологическими методами с учетом культуральных, тинкториальных, морфологических и биохимических свойств, с помощью тест-систем Lachema и микробиологическим анализатором для идентификации микроорганизмов VITEK 2 Compact 30. Морфологические свойства выделенных бактерий изучали путем микроскопии мазков, окрашенных по Граму. В последующем выделенные микроорганизмы были систематизированы до вида.

Результаты микробиологического мониторинга оценены путем расчета показателей частоты (%) выделения различных микроорганизмов из количества отобранных проб. Проведено сравнение показателей частоты (%) выделенных культур, а также видов выделенных микроорганизмов в различных отделениях многопрофильного детского стационара. Для относительных величин рассчитывался доверительный интервал (95%). Расчеты проведены с использованием эпидемиологического калькулятора ConfidenceIntervalCalculator.

Результаты. За анализируемый период (2017-2022 гг.) было проведено 97711 санитарно-бактериологических исследований. Частота положительных проб в среднем за анализируемый период по стационару составила $0,50 \pm 0,02\%$.

За исследуемый период определено увеличение количества проведенных микробиологических исследований с объектов внешней среды (смывы), что связано с деятельностью медицинской организации в условиях риска распространения новой коронавирусной инфекции (Covid-19) и усиления противоэпидемического режима (рис. 1).

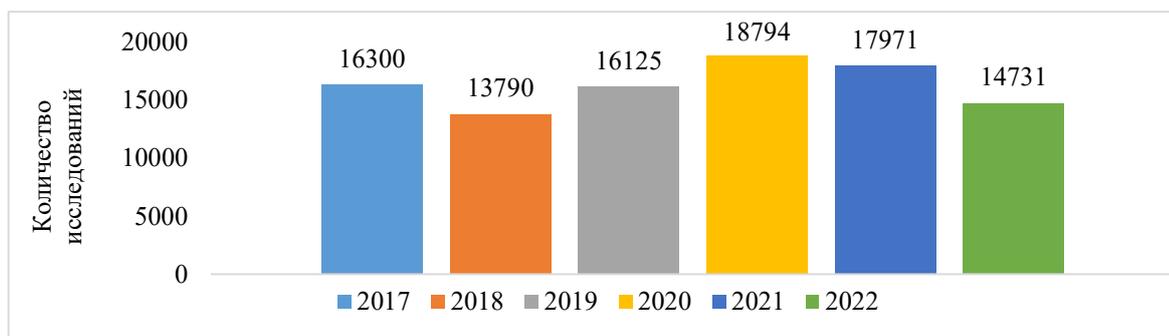


Рис. 1. Количество проведенных исследований с объектов внешней среды в специализированных отделениях детского многопрофильного стационара в 2017- 2022 гг.

Fig. 1. The number of studies conducted from environmental objects in specialized departments of a children's multidisciplinary hospital between 2017 and 2022

В этих условиях, на фоне усиления противоэпидемического режима, снизилась частота положительных результатов выделения микроорганизмов, что является логичным. Определено снижение частоты положительных проб в 2020-2022 гг. по сравнению с 2017-2019 гг., между показателями определено статистически достоверное различие ($p < 0,05$)

(рис. 2). Это указывает на эффективность проведенных мероприятий во время усиления режима.

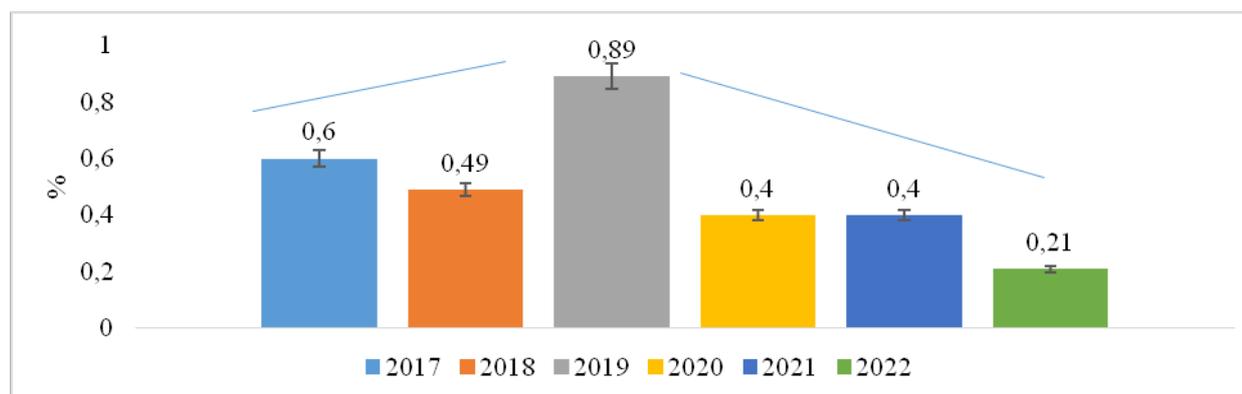


Рис. 2. Частота (%) положительных смывов с объектов внешней среды в специализированных отделениях детского многопрофильного стационара в 2017-2022 гг.

Fig. 2. Frequency (%) of positive flushes from environmental objects in specialized departments of a children's multidisciplinary hospital between 2017 and 2022

Ведущее место в структуре выделенных культур за анализируемый период занимали грамотрицательные микроорганизмы, доля которых составила 75,8%. Частота положительных проб - $0,38 \pm 0,02$ % (табл. 1).

Таблица 1

Структура выделенной с объектов внешней среды микрофлоры в различных отделениях детского многопрофильного стационара в 2017 - 2022 гг. (абс./%)

Table 1

The structure of microflora isolated from environmental objects in various departments of a children's multidisciplinary hospital between 2017 and 2022 (abs./%)

		Кол-во выделенных микроорганизмов		Частота выделения положительных результатов на 100 исследований \pm ДИ(95%)
		Абс.	%	
1	Грамотрицательные бактерии	370	75,8	$0,38 \pm 0,02$
2	Грамположительные бактерии	117	24,0	$0,12 \pm 0,04$
3	Грибы	1	0,2	$0,001 \pm 0,4$
	Всего	488	100	$0,50 \pm 0,02$

В структуре выделенных грамотрицательных микроорганизмов наибольшую долю составил *Pseudomonasaeruginosa* (25,1%), частота выделения - $0,1 \pm 0,01$ % (рис. 3). За 2017 г. частота выделения *Pseudomonasaeruginosa* по сравнению с 2018 г. была одинаковой и

составила $0,11 \pm 0,02\%$. Наибольшая частота выделения *Pseudomonasaeruginosa* за весь исследуемый период была в 2019 году, составив $0,15 \pm 0,03\%$. В 2020-2022 гг. в условиях риска распространения новой коронавирусной инфекцией частота выделения *Pseudomonasaeruginosa* по сравнению с 2017-2019 гг. снизилась до $0,05 \pm 0,04\%$, между показателями определено статистически достоверное различие ($p < 0,05$).

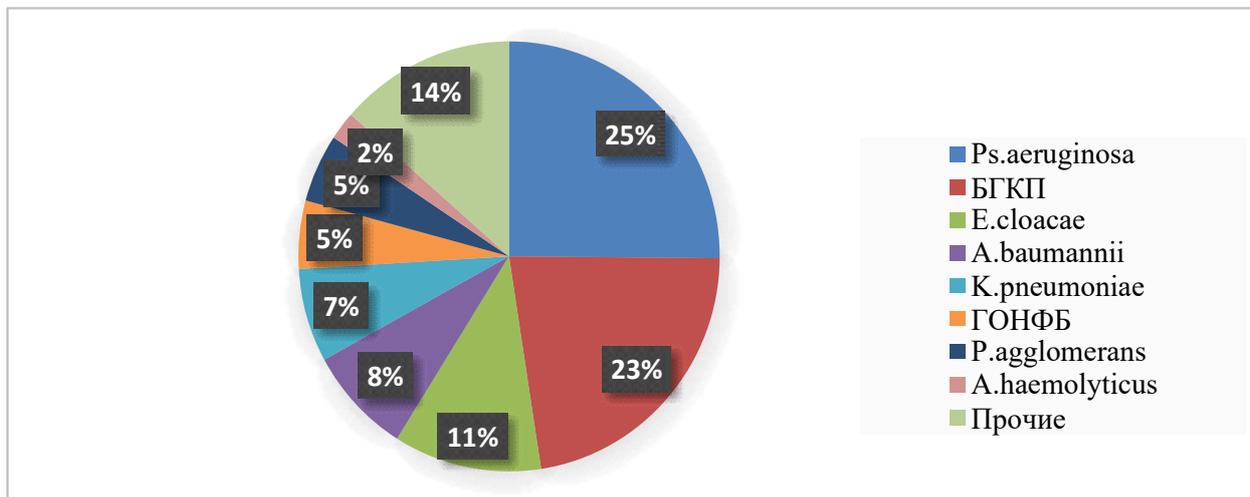


Рис. 3. Структура грамотрицательной микрофлоры, выделяемой с объектов внешней среды в различных отделениях многопрофильного детского стационара в 2017-2022 гг. (%)

Fig. 3. The structure of gram-negative microflora isolated from environmental objects in various departments of a multidisciplinary children's hospital between 2017 and 2022 (%)

На долю БГКП среди грамотрицательных микроорганизмов приходилось 22,5% (рис. 3) выделенных культур. В 2017-2022 гг. частота выделения БГКП составила $0,09 \pm 0,01\%$. В 2018-2019 гг. частота выделения БГКП была меньше, по сравнению с 2020-2021 гг., составив $0,02 \pm 0,03\%$ и $0,07 \pm 0,04\%$ соответственно. В 2020 г. наблюдалось увеличение частоты выделения БГКП по сравнению с 2019 г. - $0,10 \pm 0,02\%$, между показателями определено статистически достоверное различие ($p < 0,05$). В 2022 г. частота выделения БГКП, по сравнению с 2020-2021 гг., снизилась, между показателями определено статистически достоверное различие ($p < 0,05$).

Грамположительные микроорганизмы составили 24,0% выделенных культур (табл. 1), частота выделения которых была $0,12 \pm 0,04\%$. Большая часть (95,7%) среди грамположительных микроорганизмов представлена *Staphylococcus aureus*.

За весь период исследования частота выделения культуры *Staphylococcus aureus* составила $0,11 \pm 0,01\%$. Частота выделения *Staphylococcus aureus* в 2020-2021 гг., по сравнению с 2019 г., стала меньше и составила $0,09 \pm 0,03\%$ и $0,10 \pm 0,02\%$ соответственно, между показателями определено статистически достоверное различие ($p < 0,05$).

На долю *Candida albicans* среди всех выделенных микроорганизмов за анализируемый период (2017-2022 гг.) приходилось лишь 0,2%, с частотой выделения $0,001 \pm 0,02\%$.

Среди отделений риска по частоте положительных результатов наиболее высокие показатели были в отделении анестезиологии и реанимации №1 (ОАР №1) - $0,13 \pm 0,01\%$ (рис.4), что указывает на сохраняющийся эпидемиологический риск [1].

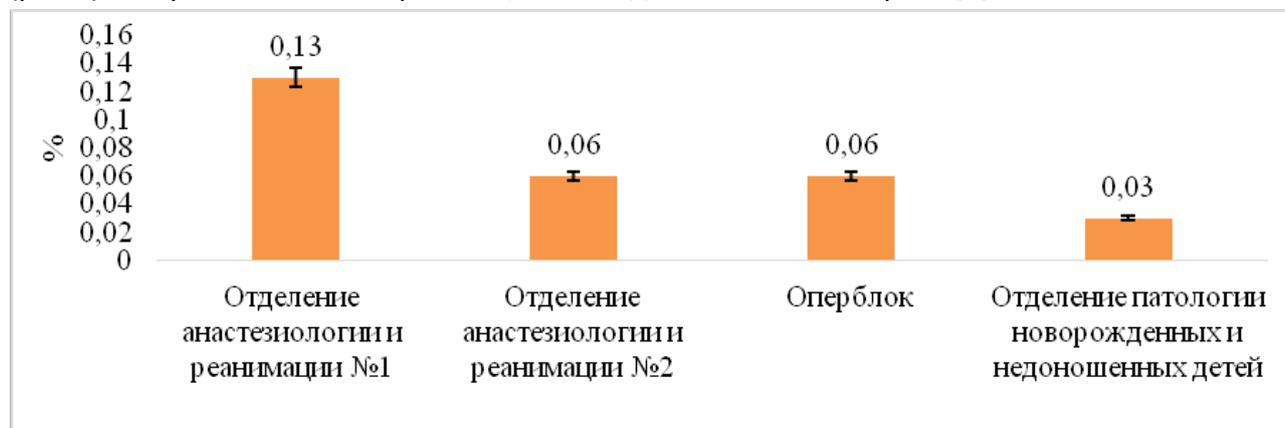


Рис. 4. Частота положительных смывов с объектов внешней среды детского многопрофильного стационара (2017-2022 гг.) (на 100 исследований)

Fig. 4. Frequency of positive flushes from environmental objects of the children's multidisciplinary hospital (2017-2022) (per 100 examinations)

В указанном отделении частота положительных проб, несмотря на усиление противоэпидемического режима, в динамике оставалась прежней. За весь период исследования (2017-2022 гг.) было получено 23 положительных смыва с ручек крана ($0,03 \pm 0,04\%$), наиболее часто выделялась *Pseudomonasaeruginosa* ($0,011 \pm 0,01\%$). Положительные пробы с аппаратов ИВЛ и спецодежды медицинского персонала оказались одинаковыми $0,02 \pm 0,005\%$. Наиболее часто выделенными культурами были *Staphylococcus aureus*, *Acinetobacterbaumannii*, БГКП.

В отделении анестезиологии и реанимации №2 (ОАР №2) частота выделения культур за весь период исследования (2017-2022 гг.) составила $0,06 \pm 0,01\%$, что было статистически достоверно ниже ($p < 0,05$), по сравнению с ОАР №1 ($0,13 \pm 0,01\%$). Безусловно, в реанимационных отделениях в большей степени могут проявиться эпидемиологические риски, что связано с интенсивностью лечебно-диагностического процесса, с высокими показателями оборота койки, контингентом пациентов, а также загруженностью персонала и постоянно сохраняющимся риском изменения эпидемиологической ситуации.

Эпидемиологически значимым является отделение ОАР №1, где находятся дети с тяжелыми патологиями. Указанное требует постоянного динамического контроля и принятия оперативных управленческих решений.

В ОАР №2 частота положительных проб в 2020-2022 гг., по сравнению с 2017-2019 гг., снизилась, что связано с усилением противоэпидемического режима, между показателями определено статистически достоверное различие ($p < 0,05$). Наибольшее количество положительных проб за весь исследуемый период было получено с ручек крана и со спецодежды медицинского персонала. Наиболее часто были получены положительные результаты смывов с выделением *Pseudomonasaeruginosa* и *Staphylococcus aureus*.

В операционном блоке за анализируемый период (2017-2022 гг.) частота положительных проб составила $0,06 \pm 0,01\%$ (рис. 4). В операционном блоке, по сравнению с ОАР №1, частота положительных проб оказалась ниже, определено статистически достоверное различие ($p < 0,05$). Частота положительных смывов в операционном блоке в 2020-2022 гг., по сравнению с 2017-2019 гг., снизилась, что связано с усилением противоэпидемического режима, определено статистически достоверное различие ($p < 0,05$). В операционном блоке из 55 положительных результатов наиболее часто выделены культуры со спецодежды медицинского персонала ($0,008 \pm 0\%$), ручек крана ($0,017 \pm 0,01\%$), рук медицинского персонала ($0,012 \pm 0,01\%$). Наиболее часто выделенной культурой являлась *Pseudomonasaeruginosa*.

Частота выделения культур в отделении патологии новорожденных и недоношенных детей (ОПНИД) составила $0,03 \pm 0,01\%$ (рис. 4). В связи с усилением противоэпидемического режима частота положительных проб в 2020-2022 гг., по сравнению с 2017-2019 гг., снизилась, определено статистически достоверное различие ($p < 0,05$). В ОПНИД из 29 положительных результатов наиболее часто выделены культуры с ручек крана ($0,012 \pm 0,01\%$). Наиболее часто были получены положительные результаты на *Pseudomonasaeruginosa*.

Кроме монокультур в ОАР №1 и ОАР №2 были выделены и микст-культуры $0,01 \pm 0,7\%$ (табл. 2), что еще больше свидетельствует о необходимости дальнейшего усиления режимных мероприятий и контроля их проведения.

Таблица 2

Частота выделения моно- и микст-культур с объектов внешней среды в различных отделениях детского многопрофильного стационара в 2017-2022 гг. (абс./%)

Table 2

The frequency of isolating mono- and mixed cultures from environmental objects in various departments of a children's multidisciplinary hospital between 2017 and 2022 (abs./%)

№	Культура	Кол-во выделенных микроорганизмов (абс.)	Частота выделения положительных результатов на 100 исследований \pm ДИ (95%)
1.	Микст-культуры	10	$0,01 \pm 0,7$
2.	Монокультуры	478	$0,49 \pm 0,03$

Микст-культуры выделены в 2017 и 2019 гг. в ОАР №1 и ОАР №2. В состав микстовых культур чаще всего входили *Staphylococcus aureus* и *Pseudomonas aeruginosa* ($0,02 \pm 0,08\%$). В 2020-2022 гг. в условиях усиления противоэпидемического режима частота выявления микст-культур значительно снизилась ($p < 0,05$).

Отделениями наибольшего риска по контаминации объектов внешней среды явились: ОАР №1, ОАР №2, операционный блок и ОПНИД. Локусами с наибольшей частотой выделения положительных проб в ОАР №1 за анализируемый период (2017-2022 гг.) явились: ручки крана ($0,03 \pm 0,04\%$), аппараты ИВЛ ($0,02 \pm 0,05\%$), спецодежда медицинского персонала ($0,02 \pm 0,05\%$) (рис. 5). В ОАР №2 точками риска по положительным смывам явились: ручки крана ($0,02 \pm 0,01\%$), спецодежда медицинского персонала ($0,01 \pm 0,01\%$); для операционного блока: руки медицинского персонала ($0,012 \pm 0,01\%$), ручки крана ($0,017 \pm 0,01\%$). Объект риска в ОПНИД - ручки крана ($0,012 \pm 0,01\%$).

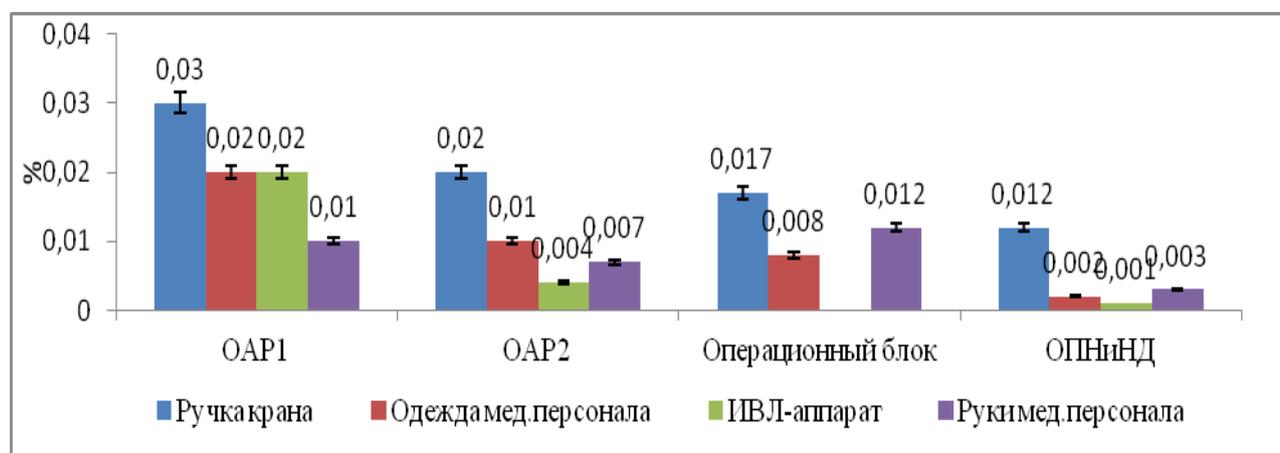


Рис. 5. Частота выделения положительных смывов в отделениях риска с объектов внешней среды в 2017-2022 гг. (на 100 исследований (%))

Fig. 5. Frequency of detection of positive flushes in risk departments from environmental objects between 2017 and 2022 (per 100 studies (%))

После усиления противоэпидемического режима частоту положительных смывов на некоторых объектах риска удалось минимизировать. Для отделения ОАР №1 это: матрасы, кровати, кушетки, полки холодильника, спецодежда медицинского персонала. В ОАР №2 получены подобные результаты. На территориях риска операционного блока, ОПНИД в период усиления противоэпидемического режима не были зафиксированы положительные результаты смывов (матрасы, раковины, столы). Несмотря на снижение частоты выделения положительных проб следует продолжать брать смывы с указанных объектов риска. Постоянный динамический мониторинг санитарно-эпидемиологического состояния объектов медицинской организации позволяет определить эпидемиологически значимые локусы, в которых постоянно сохраняются эпидемиологические риски. Это связано, прежде всего, с работой персонала и требует детального рассмотрения причин неэффективности уборок, как текущих, так и генеральных.

Заключение. Таким образом, территориями риска остаются все клинические отделения медицинской организации, однако степень эпидемиологического риска по результатам микробиологического мониторинга различна. Внутри каждого отделения есть наиболее значимые локусы, где в динамике сохраняются риски, связанные с

микробиологической обсемененностью объектов внешней среды. Локусами с наибольшей частотой выделения положительных проб в отделениях риска за анализируемый период (2017-2022 гг.) явились: ручки крана, аппараты ИВЛ, спецодежда медицинского персонала, руки медицинского персонала. Эпидемиологически значимыми выделенными культурами являются грамотрицательные микроорганизмы. На фоне усиления противоэпидемического режима в целом снизилась частота положительных результатов выделения микроорганизмов за изучаемый период, между показателями определены статистически достоверные различия ($p < 0,05$).

Указанное требует решения вопросов по обучению персонала и контролю исполнения действий по гигиенической обработке рук, технологиям проведения уборок и применения дезинфицирующих средств, включая их разведение, правильность хранения, применения и использования, а также усилению контроля частоты смены спецодежды и качества стирки. Результаты исследования являются обоснованием необходимости усиления интегрированных действий менеджеров сестринского процесса и эпидемиологической службы в медицинской организации по контролю качества уборок, обработки рук медицинского персонала и смены спецодежды для исключения эпидемиологического риска.

Список литературы:

1. Брико Н.И., Брусина Е.Б., Зуева Л.П. и др. Критерии эпидемиологической безопасности медицинской помощи. Дезинфекция и стерилизация. 2016; 9 (149): 31–36.
2. Батурина Е.А., Носкова О.А., Агапова Е.Д., Гвак Г.В. Микробиологический мониторинг в системе эпидемиологического надзора за гнойно-септическими инфекциями в детском многопрофильном стационаре. Эпидемиология. 2019; 5 (4): 122-126.
3. Мохов А.С., Краева Л.А., Лебедева Е.А., Гончаров А.Е. Госпитальные штаммы нозокомиальных патогенов с экстремальной устойчивостью к антибиотикам: влияние пандемии Covid-19. Вестник гематологии. 2022; 1:48–53.
4. Разумова Д.В. Микробиологический мониторинг в комплексе мероприятий по обеспечению инфекционной безопасности в многопрофильном стационаре. Санкт-Петербург. 2015; 1–22.
5. Сейдуалиева Б.С., Ауельбекова Ф.А., Акылова М.А., Суйенбаева С.М. Внутривидовое типирование микроорганизмов при инфекционном контроле в отделениях многопрофильного стационара. Вестник Алматинского государственного института усовершенствования врачей. 2018; 4: 35-38.
6. Желнина Т.П., Брусина Е.Б. Эффективность эпидемиологического мониторинга в профилактике инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи. Эпидемиология и вакцинопрофилактика. 2019; 18 (3): 84–88.
7. Брико Н.И. Глобализация и эпидемиологический процесс. Эпидемиология и инфекционные болезни. 2010; 4: 4-10.

8. Куракин Э.С. Многоуровневая система эпидемиологического надзора за внутрибольничными инфекциями – современная альтернатива неизбежности внутрибольничных инфекций? Эпидемиология и инфекционные болезни. 2010; 1: 16-19.
9. Малышев В.В., Разумова Д.В., Змеева Т.А., Носкова Т.В., Аверина Е.А. Микробиологический мониторинг возбудителей инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи, в условиях медицинского учреждения. Инфекция и иммунитет. 2016; 6(3): 269-270.
10. Попова А.Ю., Ежлова Е.Б., Игонина Е.П., Мельников А.А., Фролова Н.В. Надзор за соблюдением санитарно-эпидемиологического законодательства при оказании медицинской помощи в целях обеспечения ее качества и безопасности. Вестник Росздравнадзора. 2016; 1: 74-80.
11. Носкова О.А., Анганова Е.В., Гвак Г.В., Савилов Е.Д. Сепсис: вопросы терминологии, классификации и эпидемиологии (обзор). Эпидемиология и вакцинопрофилактика. 2018; 17(3): 80-84.
12. Благоднравова А.С., Ковалишена О.В., Алексеева И.Г., Иванова Н.Ю. Микробиологический пейзаж внешней среды учреждений родовспоможения. Медицинский альманах. 2008; 5: 79.
13. Ковалишена О.В. Роль различных отделений многопрофильного стационара в поддержании эпидемического процесса госпитальных инфекций. Вестник Российской военно-медицинской академии. 2008; 2: 498.
14. Светличная Ю.С., Колосовская Е.Н., Кафтырева Л.А. и др. Микробиологический мониторинг в системе эпидемиологического надзора за госпитальными инфекциями. Эпидемиология и вакцинопрофилактика. 2014; 1: 9–14.
15. Брайко Н.И., Брусина Е.Б., Зуева Л.П. и др. Общее содержание и ключевые компоненты эпидемиологической безопасности медицинской деятельности. Поликлиника. 2015; 1–3: 12–16.
16. Желнина Т.П., Борзова Н.В. Микробиологический мониторинг в обеспечении эпидемиологической безопасности работы современного стационара. Инфекционные болезни. 2015; 1: 127.
17. Брусина Е.Б., Зуева Л.П., Ковалишена О.В. и др. Инфекции, связанные с оказанием медицинской помощи: современная доктрина профилактики. Часть 2. Основные положения. Эпидемиология и вакцинопрофилактика. 2018; 6: 4–10.
18. Троценко О.Е., Бондаренко А.П., Пшеничная Н.Ю., Зайцева Т.А., Гарбуз Ю.А., Чишагорова И.В., и др. Оценка потенциальной опасности внешней среды двух больничных стационаров г. Хабаровска в период новой коронавирусной инфекции (декабрь 2020 г. – март 2021 г.). Инфекция и иммунитет. 2022; 3: 535–542.
19. Орлова О. А., Акимкин В. Г. Микробиологический пейзаж отделения хирургической реанимации. Дезинфекционное дело. 2014; 4: 53–57.
20. Брико Н.И., Брусина Е.Б., Зуева Л.П., Ковалишена О.В. и др. Госпитальный штамм – непознанная реальность. Эпидемиология и вакцинопрофилактика. 2013; 1 (68): 30-35.

21. Юдин С.М. и др. Обоснование перечня приоритетных контролируемых санитарно-микробиологических показателей для обеспечения безопасности внутрибольничной среды медицинских организаций стационарного типа вне зависимости от их функционального назначения. *Гигиена и санитария*. 2020; 99 (4): 326-336.
22. Saavedra C.H., Ordóñez K.M., Díaz J.A. Nosocomial infections impact in a hospital in Bogota, Colombia: effects on mortality and hospital costs. *Rev Chilena Infectol*. 2015; 32(1): 259-265.
23. Han J.H., Sullivan N., Leas B.F., Pegues D.A., Kaczmarek J.L., Umscheid C.A. Cleaning hospital room surfaces to prevent health care-associated infections: a technical brief. *Ann Intern Med*. 2015; 163(8): 598- 607.
24. Wang J., Liu F., Tartari E., Huang J., Harbarth S., Pittet D., et al. The prevalence of healthcare-associated infections in mainland China: a systematic review and meta-analysis. *Infect Contr Hosp Epidemiol*. 2018; 39(6): 701-709.

References:

1. Briko N.I., Brusina E.B., Zueva L.P. and others. Criteria for the epidemiological safety of medical care. *Dezinfekciya i sterilizaciya*. 2016; 9 (149): 31–36.
2. Baturina E.A., Noskova O.A., Agapova E.D., Gwak G.V. Microbiological monitoring in the system of epidemiological surveillance of purulent-septic infections in a children's multidisciplinary hospital. *Epidemiologiya*. 2019; 5 (4): 122-126.
3. Mokhov A.S., Kraeva L.A., Lebedeva E.A., Goncharov A.E. Hospital strains of nosocomial pathogens with extreme resistance to antibiotics: the impact of the Covid-19 pandemic. *Vestnik gematologii*. 2022; 1:48–53.
4. Razumova D.V. Microbiological monitoring in a complex of measures to ensure infectious safety in a multidisciplinary hospital. *Sankt-Peterburg* . 2015; 1–22.
5. Seidualieva B.S., Auelbekova F.A., Akylova M.A., Suyenbaeva S.M. Intraspecific typing of microorganisms during infection control in departments of a multidisciplinary hospital. *Vestnik Almatinskogo gosudarstvennogo instituta usovershenstvovaniya vrachej*. 2018; 4: 35-38.
6. Zhelnina T.P., Brusina E.B. The effectiveness of epidemiological monitoring in the prevention of infections associated with the provision of medical care. *Epidemiologiya i Vakcinoprofilaktika*. 2019; 18 (3): 84–88.
7. Briko N.I. Globalization and the epidemiological process. *Epidemiologiya i infekcionnye bolezni*. 2010; 4: 4-10.
8. Kurakin E.S. A multi-level system of epidemiological surveillance of nosocomial infections - a modern alternative to the inevitability of nosocomial infections? *Epidemiologiya i infekcionnye bolezni*. 2010; 1:16-19.
9. Malyshev V.V., Razumova D.V., Zmeeva T.A., Noskova T.V., Averina E.A. Microbiological monitoring of infectious agents associated with the provision of medical care in a medical facility. *Infekciya i immunitet* 2016; 6(3): 269-270.
10. Popova A.Yu., Ezhlova E.B., Igonina E.P., Melnikov A.A., Frolova N.V. Supervision of compliance with sanitary and epidemiological legislation in the provision of medical care in order to ensure its quality and safety. *Vestnik Roszdravnadzora*. 2016; 1: 74-80.

11. Noskova O.A., Anganova E.V., Gwak G.V., Savilov E.D. Sepsis: issues of terminology, classification and epidemiology (review). *Epidemiologiya i vakcinoprofilaktika*. 2018; 17(3): 80-84.
12. Blagonravova A.S., Kovalishena O.V., Alekseeva I.G., Ivanova N.Yu. Microbiological landscape of the external environment of obstetric institutions. *Medicinskij al'manah*. 2008; 5:79.
13. Kovalishena O.V. The role of various departments of a multidisciplinary hospital in maintaining the epidemic process of hospital infections. *Vestnik Rossijskoj voenno-meditsinskoj akademii*. 2008; 2:498.
14. Svetlichnaya Yu.S., Kolosovskaya E.N., Kaftyreva L.A. and others. Microbiological monitoring in the system of epidemiological surveillance of hospital infections. *Epidemiologiya i vakcinoprofilaktika*. 2014; 1:9–14.
15. Braiko N.I., Brusina E.B., Zueva L.P. etc. General content and key components of epidemiological safety of medical activities. *Poliklinika*. 2015; 1–3: 12–16.
16. Zhelnina T.P., Borzova N.V. Microbiological monitoring in ensuring epidemiological safety of the work of a modern hospital. *Infekcionnye bolezni*. 2015; 1:127.
17. Brusina E.B., Zueva L.P., Kovalishena O.V. and others. Infections associated with the provision of medical care: modern doctrine of prevention. Part 2. Basic provisions. *Epidemiologiya i vakcinoprofilaktika*. 2018; 6:4–10.
18. Trotsenko O.E., Bondarenko A.P., Pshenichnaya N.Yu., Zaitseva T.A., Garbuz Yu.A., Chishagorova I.V., et al. Assessment of the potential danger of the external environment of two hospital hospitals in Khabarovsk during the period of a new coronavirus infection (December 2020 - March 2021). *Infekciya i immunitet*. 2022; 3:535–542.
19. Orlova O. A., Akimkin V. G. Microbiological landscape of the surgical intensive care unit. *Dezinfekcionnoe delo*. 2014; 4:53–57.
20. Briko N.I., Brusina E.B., Zueva L.P., Kovalishena O.V. and others. Hospital strain - an unknown reality. *Epidemiologiya i vakcinoprofilaktika*. 2013; 1 (68): 30-35.
21. Yudin S.M. and others. Justification of the list of priority controlled sanitary and microbiological indicators to ensure the safety of the intra-hospital environment of hospital-type medical organizations, regardless of their functional purpose. *Gigiena i sanitariya*. 2020; 99 (4): 326-336.
22. Saavedra C.H., Ordóñez K.M., Díaz J.A. Nosocomial infections impact in a hospital in Bogota, Colombia: effects on mortality and hospital costs. *Rev Chilena Infectol*. 2015; 32(1): 259-265.
23. Han J.H., Sullivan N., Leas B.F., Pegues D.A., Kaczmarek J.L., Umscheid C.A. Cleaning hospital room surfaces to prevent health care-associated infections: a technical brief. *Ann Intern Med*. 2015; 163(8): 598-607.
24. Wang J., Liu F., Tartari E., Huang J., Harbarth S., Pittet D., et al. The prevalence of healthcare-associated infections in mainland China: a systematic review and meta-analysis. *Infect ContrHospEpidemiol*. 2018; 39(6): 701-709.

УДК 615.91: 612.81: 612.82

**СОВРЕМЕННОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ О МЕХАНИЗМАХ ТОКСИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ СВИНЦА НА
ЦЕНТРАЛЬНУЮ НЕРВНУЮ СИСТЕМУ
(ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)**

Сутункова М.П.^{1,2}, Никогосян К.М.¹, Рябова Ю.В.^{1,3}, Кескевич А.А.¹, Минигалиева И.А.^{1,3},
Бутакова И.В.¹, Шеломенцев И.Г.¹, Шаихова Д.Р.¹

¹ ФБУН «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья
рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора
Екатеринбург, Россия

² ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России,
Екатеринбург, Россия

³ ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»
Екатеринбург, Россия

Введение. Многочисленные эпидемиологические и токсикологические исследования свидетельствуют об однозначном негативном влиянии свинца на центральную нервную систему (ЦНС) и, в частности, функции и структуры головного мозга. При этом до сих пор нет единого понимания механизмов реализации этих эффектов на молекулярном и клеточном уровнях.

Цель исследования: поиск, обобщение и систематизация материалов, посвященных механизмам вредного действия свинца на нервную систему на молекулярном и клеточном уровнях.

Материалы и методы. Поиск публикаций проводился по базам данных PubMed, Scopus и РИНЦ, а также российской научной электронной библиотеке CyberLeninka. Отбор статей осуществлялся по принципу наличия в них сведений о негативном влиянии на митохондриальный аппарат загрязнителей различной химической и физической природы. Было обнаружено более 550 статей, в результате из них отобрано 44 полнотекстовых публикаций.

Результаты. Большинство описанных механизмов патогенеза свинцовой интоксикации имеет выраженную дозозависимость эффекта как *in vivo*, так и *in vitro*. Нейротоксическое действие свинца реализуется при любом пути поступления за счет нескольких механизмов: изменение антиоксидантного статуса, замещение ионов двухвалентных элементов по механизму ионной мимикрии, изменение структуры и функций внутриклеточных органелл, в первую очередь митохондрий и эндоплазматического ретикулума, индукция аутофагии, воздействие на рецепторный аппарат клетки, изменение синаптической пластичности, воздействие на генетический аппарат клетки.

Заключение. Понимание механизмов нейротоксичности свинца позволяет определить «критические точки» для разработки методов ранней диагностики свинцоиндуцированной патологии нервной системы и лечебно-профилактических мероприятий.

Ключевые слова: свинец, нейротоксичность, центральная нервная система, механизм, клетка, эндоплазматический ретикулум, митохондрия, экспрессия.

Для цитирования: Сутункова М.П., Никогосян К.М., Рябова Ю.В., Кескевич А.А., Минигалиева И.А., Бутакова И.В., Шеломенцев И.Г., Шаихова Д.Р. Современное представление о механизмах токсического действия свинца на центральную нервную систему (обзор литературы). Медицина труда и экология человека. 2023; 4:196-215.

Для корреспонденции: Никогосян Карен Мерсопович, младший научный сотрудник отдела токсикологии и биопрофилактики ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора, nikogosyan.k.m@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/10.24412/2411-3794-2023-104115>

CURRENT UNDERSTANDING OF THE MECHANISMS OF LEAD TOXIC EFFECTS ON THE CENTRAL NERVOUS SYSTEM (LITERATURE REVIEW)

Sutunkova M.P.^{1,2}, Nikogosyan K.M.¹, Ryabova Yu.V.^{1,3}, Keskevich A.A.¹, Minigalieva I.A.^{1,3}, Butakova I.V.¹, Shelomentsev I.G.¹, Shaikhova D.R.¹

¹Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection among Industrial Workers, Yekaterinburg, Russia

²Ural State Medical University, Yekaterinburg, Russia

³Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Introduction. *Epidemiological and toxicological studies indicate a clear negative effect of lead on the central nervous system, and, in particular, the functions and structures of the brain. However, there is still no common understanding of the mechanisms by which these effects are realized at the molecular and cellular levels.*

Purpose of the study: *search, generalization and systematization of materials devoted to the mechanisms of the harmful effects of lead on the nervous system at the molecular and cellular levels.*

Materials and methods. *The search for publications was carried out using the PubMed, Scopus and RSCI databases, as well as the Russian scientific electronic library CyberLeninka. The selection of articles was carried out on the basis of the presence of information in them about the negative impact of pollutants of various chemical and physical nature on the mitochondrial apparatus. More than 550 articles were identified, resulting in 44 full-text publications being selected.*

Results. *Most of the described mechanisms of the pathogenesis of lead intoxication have a pronounced dose-dependence of effect both in vivo and in vitro. The neurotoxic effect of lead is realized through any route of entry due to several mechanisms: changes in antioxidant status, replacement of ions of divalent elements by the mechanism of ion mimicry, changes in the structure and functions of intracellular organelles, primarily mitochondria and the endoplasmic*

reticulum, induction of autophagy, effects on the cell receptor apparatus, changes in synaptic plasticity, effects on the genetic apparatus of the cell.

Conclusion. *Understanding the mechanisms of lead neurotoxicity makes it possible to identify “critical points” for the development of methods for early diagnosis of lead-induced pathology of the nervous system and therapeutic and preventive measures.*

Keywords: *lead, neurotoxicity, central nervous system, mechanism, cell, endoplasmic reticulum, mitochondria, expression.*

For citation: *Sutunkova M.P., Nikogosyan K.M., Ryabova Yu.V., Keskevich A.A., Minigalieva I.A., Butakova I.V., Shelomentsev I.G., Shaikhova D.R. Current understanding of the mechanisms of lead toxic effects on the central nervous system (literature review). Occupational Health and Human Ecology. 2023; 4:196-215.*

For correspondence: *Karen M. Nikogosyan, research assistant at the Department of Toxicology and Bioprophylaxis, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection among Industrial Workers, nikogosyan.k.m@mail.ru*

Financing: *The study had no financial support.*

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

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10415>

Введение. На сегодняшний день нейротоксическое действие свинца достаточно хорошо известно. По данным Всемирной организации здравоохранения, неврологические последствия такого воздействия считаются необратимыми. Безопасной дозы свинца, согласно общепринятому мнению, не существует. В структуре инвалидности и смертности, произошедших по причине воздействия свинца, на идиопатические интеллектуальные расстройства приходится 30% [1].

Проблема актуальна не только для мира в целом, но и для Российской Федерации. По данным социально-гигиенического мониторинга за 2022 год, свинец включен в число 9 приоритетных химических загрязнителей [2]. В Свердловской области при оценке неврологического статуса у детей, имеющих такие патологии, как резидуальная церебральная органическая недостаточность, синдром дефицита внимания с гиперактивностью, церебрастенический синдром, выявлено повышенное содержание металлов, в том числе свинца, в биологических средах. Результаты математического моделирования свидетельствуют о статистически достоверных взаимосвязях между содержанием свинца в объектах окружающей среды, данными биомониторинга и результатами клинико-лабораторного обследования детей [3].

При том, что многочисленные эпидемиологические и токсикологические исследования свидетельствуют об однозначном негативном влиянии свинца на ЦНС и, в частности, на структуры головного мозга. До сих пор нет единого понимания механизмов реализации этих эффектов. Известно, что одним из ранних признаков токсического действия свинца на ЦНС считается прогрессирующая потеря нейронов [4], но за счет каких «точек приложения» она реализуется, не ясно.

Таким образом, **целью** настоящего обзора является поиск, обобщение и систематизация материалов, посвященных механизмам вредного действия свинца на ЦНС на молекулярном и клеточном уровнях.

Материалы и методы. Проведены анализ и обобщение современных научных оригинальных исследований. Материалом для анализа послужили источники литературы из библиографических баз PubMed, Scopus, ELibrary и российской электронной научной библиотеки CyberLeninka. Поиск проводился среди публикаций на русском и английском языках до сентября 2023 года. Глубина поиска составила 20 лет.

При отборе публикаций в базах данных PubMed, Scopus и ELibrary использовались следующие ключевые слова: Pb, neurotoxicity, brain, mechanisms. Поиск в российской электронной библиотеке CyberLeninka осуществлялся по ключевым словам: свинец, нейротоксичность, мозг, механизмы. Мы также проверяли источники литературы, входящие в состав исследований, на наличие дополнительных статей, которые следует рассмотреть для включения.

Статьи были отобраны нами по принципу наличия в них информации о структурных и функциональных нарушениях нервной системы, вызванных воздействием свинца. В итоге было проанализировано более 550 статей, в результате из них отобрано 44 полнотекстовых публикации.

Результаты. Представленный обзор литературы обобщает негативные эффекты свинца на ЦНС и ее компоненты, зафиксированные в экспериментах *in vitro*, *in vivo*, а также по данным эпидемиологических исследований. Особое внимание уделено механизмам вредного действия свинца, представленным в следующих разделах: изменение антиоксидантного статуса, ионная мимикрия как механизм молекулярной токсичности свинца, изменение структуры и функций внутриклеточных органелл нейрональных клеток, индукция аутофагии путем воздействия на сигнальный путь PI3K/AKT/mTOR, воздействие на рецепторный аппарат клетки, изменение синаптической пластичности, воздействие на генетический аппарат клетки.

Изменение антиоксидантного статуса и индукция воспаления. В исследовании на крысах-самцах линии Wistar ($n = 10$) показано, что раствор ацетата свинца при пероральном (в качестве питья) введении в концентрации 1000 мг/л в течение 4 недель приводил к снижению содержания глутатиона, активности каталазы и супероксиддисмутазы, повышению уровня воспалительных цитокинов, экспрессии информационной РНК Nrf2 и NF- κ B. Исследователи Hoseinrad H и соавт. выделили транскрипционный фактор NF- κ B как главный регулятор активации астроцитов после воздействия свинца (в дозировке 1000 МЕ/кг внутримышечно и в концентрации 1000 мг/л с питьевой водой) на гиппокамп крысы. [5]. В то же время активация астроцитов является одним из ключевых клеточных событий после воздействия свинца, которое регулируется фактором транскрипции NF- κ B [6]. Таким образом, эти данные показали, что ингибирование транскрипции NF- κ B подавляет активацию астроцитов гиппокампа при свинцовой интоксикации.

В передней поясной коре головного мозга, гиппокампе и мозжечке введение свинца вызывало достоверное увеличение цитокинов и простаноидов (ИЛ-1 β , ИЛ-6, ТФР- β , ПГЕ2 и

ТХВ2). Экспрессия белка и мРНК ЦОГ-1 и ЦОГ-2 увеличивалась, как и экспрессия NF-κB [7]. Ряд исследователей заявляет о том, что ЦОГ-2 индуцируется свинцом зависимым от транскрипции образом, связанным с фактором транскрипции NFAT, а не с NF-κB в глиальных клетках [8]. Воздействие свинца повышало уровень хинолиновой кислоты (ХК) в крови и увеличивало количество ХК-иммунореактивных клеток в коре, в полях CA1, CA3 и областях зубчатой извилины гиппокампа. В отдельных экспериментах инфузия ХК нарушала обучение и кратковременную память, как и свинец. Уровни белков PSD-95, PP1 и PP2A были достоверно снижены у крыс, которым вводили ХК, тогда как фосфорилирование Тау увеличивалось [9].

В исследовании, проведенном на крысах-самцах линии Wistar (n = 40) возрастом 40 дней, которым вводили в течение 55 дней внутривенно ацетат свинца в дозе 50 мг/кг обнаружено повышение уровня нитритов и малонового альдегида в моторной зоне коры больших полушарий. При этом длительное введение свинца снижало количество зрелых нейронов в двигательной коре головного мозга крыс, на фоне чего проявлялись изменения в тесте «открытое поле» [10].

В эксперименте на самках крыс линии Wistar, получавших ацетат свинца из расчета 6 мг/кг массы тела в течение всей беременности и в послеродовой период (7–9 дней после родов), продемонстрировано, что хроническая пренатальная и послеродовая свинцовая интоксикация способствует повышению радикалообразования в развивающемся головном мозге [11].

Окислительный стресс и нейровоспаление, связанное с накоплением Pb, приводило к подавлению нейрогенеза гиппокампа в исследовании с 5-недельными крысами Sprague-Dawley, которым перорально вводили ацетат Pb в концентрации 0, 4000 и 8000 ppm в течение 28 дней [12].

Индукция аутофагии путем воздействия на сигнальный путь PI3K/AKT/mTOR. В эксперименте *in vivo* на 12 самках крыс Sprague-Dawley, которые в течение 30 дней получали питьевую воду, содержащую 300 ppm ацетата свинца, продемонстрировано, что воздействие ацетата свинца индуцирует аутофагию посредством блокирования пути Akt/mTOR в астроцитах гиппокампа дозозависимым образом. В этом эксперименте в тканях гиппокампа повышался уровень экспрессии белков GFAP и LC3, LC3II и Beclin-1, снижался уровень экспрессии белков p62 [13].

К аутофагии в нейронах гиппокампа, реализованного путем ингибирования сигнального пути ИФР-1/PI3K/AKT/mTOR, может привести воздействие свинца в детском возрасте. В эксперименте на 21-дневных крысах Wistar (n=40), подверженных воздействию ацетата свинца в течение 6 недель в дозировке 8, 40 и 200 мг/кг, снижался уровень экспрессии белков p-Akt, p-mTOR, p-p70S6K, а клетки гиппокампа демонстрировали типичные аутофагические вакуоли с деградировавшим цитоплазматическим содержимым. Уровни ИФР-1 при этом оказались существенно ниже в гиппокампе крыс, подвергшихся ежедневному воздействию свинца (в дозировке 200 мг/кг/день), чем в группе контроля и в группах с меньшими дозировками (8 мг/кг/день и 40 мг/кг/день), а уровни мРНК LC3B, Beclin-1 и ATG5 повышались [14].

Изменение синаптической пластичности. В процессе развития ЦНС в детском периоде белок SIRT1 играет важную роль в росте аксонов, увеличении количества дендритных отростков, формировании памяти и обеспечении общей синаптической пластичности [15].

Результаты исследований *in vivo* показали, что воздействие свинца снижает экспрессию белков SIRT1, BDNF и RELIN и изменяет уровни метилирования ДНК генов синаптической пластичности. Авторы этого исследования заявили о важной защитной роли SIRT1 при нейротоксичности, вызванной воздействием свинца. Более того, исследователи наблюдали выраженное патологическое повреждение в поле CA1 гиппокампа в группе, подвергшейся воздействию 0,2% свинца [16]. Помимо этого, SIRT1 противостоит индукции аутофагии посредством ингибирования экспрессии LC3 и Beclin-1 и способствует деградации фосфорилирования A β и Tau [17]. При этом результаты исследования *in vitro* на культуре клеток PC-12, которые подвергались воздействию различных концентраций (0, 5, 10, 20, 40 мкм) свинца в течение 24 часов, подтверждают, что свинец влияет на течение аутофагии за счет повышения уровней экспрессии Beclin-1 и ATG5. В частности, свинец нарушал слияние аутофагосом и лизосом, значительно уменьшал количество или размер лизосом за счет снижения уровня LAMP1 [18].

Уровни экспрессии белка SIRT1 снижались дозозависимым образом у крыс, подвергшихся воздействию свинца ($P < 0,05$). Использовались следующие дозировки: 0 мг/л ацетата свинца для группы контроля, 319 мг/л ацетата свинца для группы с низким содержанием свинца и 1275 мг/л ацетата свинца для группы с высоким содержанием свинца. Уровни белка SIRT1 после воздействия высокой дозы свинца оказались ниже, по сравнению с группой контроля и группой с низким содержанием свинца ($P < 0,05$). Чтобы дополнительно выяснить, были ли эти изменения в уровнях белка SIRT1 вызваны изменениями в транскрипции мРНК, проведена ПЦР-РВ для измерения уровней мРНК SIRT1. По результатам ПЦР-РВ, мРНК SIRT1 также значительно уменьшались в гиппокампе дозозависимым образом ($P < 0,05$) [19].

Результаты эксперимента на восьминедельных мышах, получавших дистиллированную деионизированную воду в течение 3 месяцев, содержащую 0,2% раствор ацетата свинца, показали, что хроническое воздействие свинца вызывает эпигенетические модификации, такие как увеличение экспрессии miR-34-3p и miR-138-5p в мозге мышей и региональные изменения в miR-141-3p в коре головного мозга. Авторы исследования предполагают, что эти miR могут оказывать потенциальное целевое регуляторное воздействие на SIRT1 [20].

Ионная мимикрия как механизм молекулярной токсичности свинца. Нарушение синаптической активности при воздействии свинца обусловлено способностью ионов Pb^{2+} вмешиваться в синаптические функции ионов Zn^{2+} и Ca^{2+} , замещая их [21]. Так, например, в исследовании Gorkhali R. и соавт. показано, что в нейронах головного мозга Pb^{2+} конкурировал с Ca^{2+} за вход в клетку и в дальнейшем индуцировал ошибочную активацию или ингибирование Ca^{2+} -регулируемых процессов [22]. Результаты исследования Gavazzo P. и

соавт. подтверждают способность ионов свинца нарушать Zn^{2+} -зависимую модуляцию активации N-метил-D-аспартатного рецептора (NMDAR) [23].

Результаты исследования Bitto E. и соавт. свидетельствуют о том, что ионы свинца могут подавлять активность фермента пиримидин-5'-нуклеотидазы типа 1, замещая в нем ионы марганца с помощью механизма ионной мимикрии [24].

Ацетат свинца вызывает высвобождение Ca^{2+} из эндоплазматического ретикулума в нейронах гиппокампа [25] и окислительный стресс через высвобождение АФК, что было показано на культивируемых нейронах гиппокампа крыс [26].

Изменение структуры и функций внутриклеточных органелл. Результаты исследования Zhang J и соавт. *in vivo*, в котором 21-дневных крыс SD кормили возрастающими концентрациями ацетата свинца (0, 100, 200 и 300 ppm) в течение 8 недель, показывают, что воздействие свинца может нанести вред обучению и памяти крыс, вызывая стресс эндоплазматического ретикулума, параморфию и дисфункцию митохондрий. Результаты исследования *in vitro* этого же коллектива авторов на культуре клеток PC-12, свидетельствуют о том, что воздействие на них ацетатом свинца приводит к морфологическим изменениям ультраструктуры клеток. Изменения характеризовались расширением просвета и набуханием эндоплазматического ретикулума в клетках PC-12. Таким образом, свинец индуцирует стресс эндоплазматического ретикулума. Следует отметить, что стресс эндоплазматического ретикулума возник уже через 6 часов после воздействия ацетатом свинца, что указывает на механизм немедленного ответа на воздействие свинца, которое определяет судьбу клеток и опосредует токсичность [27].

При воздействии ацетата свинца также регистрируются значительные изменения в ультраструктуре митохондрий нейронов гиппокампа крысы (8 недель) и клеток PC-12 (48 часов). Морфологически процесс характеризуется отложением липидов, образованием вакуолей и набуханием митохондрий. Также наблюдалось сокращение длины митохондрий после 24 часов обработки. Примечательно, что деление митохондрий не обнаруживалось в течение первых 12 часов экспозиции, что позволяет предположить существование потенциальных своевременных регуляторных путей, которые определяют морфологию и функцию митохондрий во время воздействия свинца [27].

Определенную роль в патогенезе нейротоксичности свинца играют белки MFN1 и MFN2. Последовательное введение ацетата свинца дозозависимо снижало уровень белка MFN2, ответственного за поддержание гомеостаза и функциональности митохондрий. Наблюдалось снижение уровня белка MFN1, аналога MFN2. MFN2 является основным ответчиком на Pb-индуцированное деление митохондрий и взаимодействие «эндоплазматический ретикулум - митохондрии». Молекулярный механизм, лежащий в основе подавления MFN2 в ответ на экспозицию ацетата свинца, заключается в убиквитинировании MFN2. При этом ацетат свинца дозозависимо увеличивает связывание белка MFN2 с митохондриальной серин/треонин-протеинкиназой, PINK1. PINK1 является критически важным механизмом регуляции MFN2, и предполагается, что PINK1 можно использовать в качестве мишени для предотвращения нейротоксичности. Тем не менее неясен конкретный механизм повреждения нейронов посредством стресса

эндоплазматического ретикулума и неизвестно, может ли эндоплазматический ретикулум регулировать MFN2 [27].

В механизме дисфункции митохондрий определенную роль занимает нарушение работы микро-РНК. Результаты An J и соавт. показали, что экспрессия нескольких микро-РНК (miR-204, miR-211, miR-448, miR-449a, miR-34b, miR-34c), которые, как сообщается, связаны с нейрофизиологическими путями и нейродегенеративными заболеваниями, изменилась в гиппокампе крыс после хронического воздействия свинца. Их накопление в большом количестве в ЦНС способствует молекулярно-генетическим изменениям, которые обуславливаются трансляцией патогенных белков, дефицитом синапсов, прогрессирующей дисфункцией клеток головного мозга и апоптотической гибелью нейронов, что приводит к дефициту обучения и ухудшению памяти и нейрональным нарушениям [28].

В исследовании *in vitro* на линии нейрональных клеток гиппокампа HT-22 показано, что хоть низкие дозы свинца при экспозиции (≤ 25 мкМ) в течение 24 ч не оказывали существенного влияния на жизнеспособность клеток, но снижали показатели их выживаемости при более длительном времени воздействия (48 ч). При этом более высокие дозы свинца (> 25 мкМ) ингибировали пролиферацию клеток дозозависимым образом. Изменение жизнеспособности клеток, индуцированное низким и умеренным воздействием Pb^{2+} , происходит в основном за счет ингибирования пролиферации, а не индукции апоптоза. В снижении жизнеспособности клеток, индуцированных высокими дозами Pb^{2+} в условиях культивирования *in vitro*, ключевую роль играет индукция апоптоза, который исследователи связывают с воздействием на микро-РНК miR-106b-5p снижения уровня белка XIAP, синтез которого она регулирует [29].

Результаты исследования Dabrowska A. и соавт. на клеточной культуре линии N27 из среднего мозга крысы, которые обрабатывались ацетатом свинца в течение 48 часов, свидетельствуют о том, что воздействие свинца вызывает митохондриальную дисфункцию с последующим апоптозом дофаминергических нейронов. Ацетат свинца индуцирует дозозависимое снижение продукции АТФ и максимальной дыхательной способности. Ацетат свинца в дозах свыше 100 мкМ вызывает снижение экспрессии белка PGC1 α , что делает клетки линии N27 более восприимчивыми к вызываемому свинцом митохондриальному стрессу. Таким образом, PGC1 α защищает дофаминовые нейроны от нейротоксического воздействия свинца. При этом важно отметить, что сверхэкспрессия этого белка, напротив, снижает нейропротекторную способность по отношению к дофаминовым нейронам и делает их более восприимчивыми к свинцовому поражению, что сопровождается фрагментацией митохондрий и снижением митохондриальной площади. Свинец вызывает высвобождение запасов кальция в эндоплазматическом ретикулуме, увеличение концентрации кальция в цитоплазме, что вызывает нарушение баланса кальция, приводящее к митохондриальной дисфункции и гибели дофаминовых нейронов [30].

Согласно исследованию Yang X. и соавт., в нарушении обмена кальция в клетке и митохондриальной дисфункции определенную роль занимает воздействие ацетата свинца на активность MCU. В данном исследовании клетки нейробластомы человека SH-SY5Y обрабатывались диапазоном концентраций Pb^{2+} от 2 до 50 мкМ. Помимо клеточной линии, в

эксперименте были задействованы новорожденные крысы Wistar, которые подвергались воздействию Pb^{2+} через питьевую воду в течение 21 дня. Продукция активных форм кислорода увеличивалась в клетках при обработке свинцом дозозависимым образом, в то время как экспрессия глутатиона и MCU снижалась. Более того, экспрессия нейронального белка синтазы оксида азота была повышена у крыс, подвергшихся воздействию свинца во время беременности, в то время как экспрессия MCU была снижена. Применение активатора MCU спермина или сверхэкспрессии MCU обращало вспять индуцированный свинцом окислительный стресс и ингибировало митохондриальное поглощение Ca^{2+} , в то время как ингибитор MCU Ru360 и нокдаун MCU потенцировали эффекты свинца. Эти результаты показывают, что MCU опосредует индуцированную свинцом реакцию окислительного стресса в нейронах посредством регуляции притока митохондриального Ca^{2+} [31].

Результаты исследования на самках крыс Sprague-Dawley (n=6), которые подвергались воздействию 109 ppm свинца через питьевые растворы, содержащие 0,02% ацетата свинца, показали снижение метаболизма глюкозы в гиппокампе за счет снижения уровней белка GLUT4 в клеточной мембране через путь фосфатидилинозитол-3-киназы-протеинкиназы В (PI3K-Akt). Zhao Z.H. и соавт. пришли к выводу, что воздействие свинца ухудшает синаптическую пластичность за счет снижения уровня инсулинзависимого белка-переносчика GLUT4 в клеточной мембране, а также поглощения глюкозы через сигнальный путь PI3K-Akt [32].

Воздействие на рецепторный аппарат клетки. Результаты показывают, что хроническое воздействие Pb^{2+} (в дозировке 1500 ppm) повышает уровни [3 H]-DAMGO, специфически связывающиеся с рецепторами MOR в мозге самцов и самок крыс, подвергшихся воздействию Pb^{2+} в молодом и раннем подростковом возрасте, без каких-либо изменений в позднем подростковом (PN50) и незначительные изменения у взрослых самцов крыс, подвергшихся воздействию Pb^{2+} (PN120). В частности, в PN14 у самцов, подвергшихся воздействию Pb^{2+} , наблюдалось увеличение связывания MOR в латеральных постталамических ядрах (LPTN), и у подвергшихся воздействию Pb^{2+} самок было повышенное связывание MOR в LPTN, медиальном таламусе и гипоталамусе. На PN28 у самцов, подвергшихся воздействию Pb^{2+} , были повышены уровни MOR в стриатуме, мозговой полоске таламуса, LPTN, медиальном таламусе и базолатеральной миндалевидном теле, в то время как у самок, подвергшихся воздействию Pb^{2+} , наблюдалось увеличение ядра прилежащего ядра, LPTN и медиального ядра таламус. Никаких изменений не было обнаружено ни в одной области мозга самцов и самок крыс при PN50, а при PN120 наблюдалось снижение связывания MOR у самцов, подвергшихся воздействию Pb^{2+} , в медиальном таламусе. Эти результаты демонстрируют возрастные и половые специфические эффекты уровней MOR в мозге крыс в результате хронического развития Pb^{2+} . Таким образом было показано, что основные изменения в уровнях MOR в мозге произошли в предподростковом и раннем подростковом возрасте, периоде развития, в котором у людей наблюдается более высокая вовлеченность в поведение, связанное с вознаграждением и поиском наркотиков [33].

Нейротоксичность свинца может быть связана с усилением экспрессии рианодинового рецептора (RyR) и высоким уровнем внутриклеточного свободного кальция при увеличении концентрации свинца в поврежденных нейронах [34]. Свинец повышает уровень RyR в тканях гиппокампа крыс и клетках феохромоцитомы крыс (PC-12). Кроме того, воздействие свинца индуцирует нейродегенеративные когнитивные нарушения у крыс, подавляет долговременную потенциацию в срезах головного мозга крыс, повышает внутриклеточную концентрацию свободного кальция, ингибирует фосфорилирование Ca²⁺/кальмодулин-зависимую протеинкиназу II (CaMKII) и цАМФ, белок, CREB, экспрессию Bcl2 и активирует фосфорилирование белка внеклеточной регулируемой протеинкиназы (Erk) как *in vitro*, так и *in vivo*. Исследование Zhou F и соавт. показало, что снижение экспрессии RyR3 в клетках PC-12 значительно снижало уровень ионов Ca²⁺, повышало фосфорилирование CaMKII α и CREB, снижало фосфорилирование Erk и удлиняло рост нейритов, связанных с когнитивной функцией, после воздействия свинца. Pb-опосредованная активация RyR приводит к нейродегенерации за счет высокого уровня свободного кальция, депрессии кальций-зависимого мнемонического сигнального пути CaMKII α /CREB и активации кальций-зависимого апоптотического сигнального пути Erk/Bcl2 [35].

Помимо RyR, в патогенезе нейротоксичности свинца играют роль и рецепторы глутамата. Результаты Wang T и соавт. показали, как воздействие ювенильного свинца (дозировка: 100 ppm через питьевую воду в возрасте от 24 до 56 дней) вызывало ухудшение памяти и тревожное поведение. Двигательное и болевое поведение были неотличимы от контрольной группы. Длительная индукция потенциации была нарушена у крыс, подвергшихся воздействию свинца, и это, вероятно, было связано с нарушением возбуждающей способности синапсов. Ток, опосредованный рецепторами NMDA и AMPA, ингибировался, тогда как синаптическая передача GABA была нормальной. Экспрессия NR2A и фосфорилированного GluR1 снижалась. Кроме того, морфологические исследования показали, что плотность дендритных шипов снизилась примерно на 20 % в группе, обработанной свинцом [36]. Снижение плотности дендритных шипиков в гиппокампе при воздействии свинца описано и другими исследователями. В частности, Pang S и соавт. определили, что воздействие свинца может снижать экспрессию SNX6 и приводить к снижению экспрессии Homer1, что влияет на морфологию и плотность дендритных шипиков и вызывает ухудшение обучения и памяти [37]. Таким образом, воздействие ювенильного свинца на крыс может быть связано с изменениями в глутаматном рецепторе.

В эксперименте *in vivo* в течение двух месяцев половозрелые самки крыс породы Wistar (n=28) подвергались воздействию наночастиц оксида свинца II при концентрации 0,2 мг/м³ в ингаляционной установке типа «только нос» по 4 часа в день, 5 раз в неделю. По результатам этого исследования выявлено статистически достоверное снижение уровня экспрессии гена GRIN2A ионотропного рецептора глутамата NMDA в гиппокампе мозга. Авторы предполагают, что снижение экспрессии гена GRIN2A при ингаляционном воздействии НЧ PbO является одним из первых проявлений нейротоксического действия наночастиц свинца и может быть использовано как биомаркер нейротоксичности [38].

Воздействие на генетический аппарат клетки. Беременных крыс Sprague-Dawley обрабатывали дистиллированной водой, содержащей ряд концентраций свинца (0 мг/л, 5 мг/л и 25 мг/л) до тех пор, пока они не родили следующее поколение (n=4). По результатам обследования их потомства в возрасте до 60 дней, выяснилось, что дозозависимо увеличился уровень ацетилирования гистона H3 и экспрессии белка p300. Исходя из полученных данных, Luo и соавт. предполагают, что воздействие свинца в раннем возрасте может стать одной из причин развития синдрома дефицита внимания и гиперактивности [39].

В эксперименте на 32 беспородных половозрелых крысах-самцах, подверженных воздействию ацетата свинца через питьевую воду в дозе 70,5 мг/кг в сутки в течение 30 дней, было показано, что в раннем периоде после интоксикации наблюдалось значительное увеличение числа нейронов с экспрессией белков каспазы 3, Bcl2 и белка теплового шока 70. В отдаленном постконтактном периоде воздействия свинца у крыс уменьшилась выраженность морфологических изменений, не наблюдалось нарушений микроциркуляции и экспрессии белка теплового шока 70 в головном мозге, но длительно сохранялось неадекватное поведение в условиях стресса в тесте экстраполяционного избавления [40].

Воздействие свинца *in vivo* на мать (в дозировке 0, 0,5 и 2,0 г/л через питьевую воду с первого дня беременности до 3-й недели после рождения) может повышать экспрессию NRSF у ее потомства, подавляя уровень транскрипции нижестоящего гена-мишени SV2C, тем самым подавляя экспрессию mPHK SV2C. Снижение экспрессии SV2C влияет на высвобождение нейротрансмиттера и синаптическую передачу, что влияет на синаптическую пластичность и затем приводит к ухудшению обучения и памяти [41]. В другой работе, направленной на изучение роли нейротрансмиттеров в токсичности свинца, введение свинца крысам (в дозировке 10 мг/кг, внутрибрюшинно) значительно нарушало их исследовательскую и двигательную активность, а также координацию движений. Было зафиксировано значительное снижение уровня норадреналина в коре, дофамина и его метаболитов, ДОФУК и ГВК в полосатом теле базальных ядер полушарий головного мозга. При этом тканевой уровень серотонина и его метаболита 5-HIAA не изменился в двух структурах. Результаты этого исследования свидетельствуют о том, что свинец представляет собой фактор риска развития дефицита, подобного паркинсонизму, который, предположительно, может быть связан с истощением норадреналина [42]. Исследование Sanders T и соавт. показало: клетки PC-12, подвергшиеся воздействию нитрата свинца II в дозировках 5,01 мкг/мл и 50,01 мкг/мл, имели значительные изменения уровней таких нейротрансмиттеров, как глутамат и дофамин, по сравнению с группой контроля. Любые изменения уровня глутамата и дофамина могут не только вызывать гибель клеток, но и негативно влиять на различные неврологические процессы и приводить к поведенческим расстройствам [43].

Результаты исследования, в котором крысы в возрасте 20-22 дней подвергались воздействию свинца в питьевой воде (0, 100, 200 и 300 ppm) в течение восьми недель, свидетельствуют об изменении экспрессии белков TJР гематоэнцефалического барьера (ГЭБ) при воздействии свинца на мозг. Электронно-микроскопический анализ и вестерн-блоттинг

выявили сильную утечку ГЭБ и значительное снижение экспрессии одного из белков TJR - окклюдина. Когда культивируемые эндотелиальные клетки головного мозга RBE4 подвергались воздействию 10 мкМ свинца в течение 24 часов, экспрессия тирозинкиназы Src и вышестоящего регулятора GRP78 была значительно увеличена в 6,42 и 8,29 раза ($p < 0,01$) соответственно. Инактивация пути Src Src-специфическим ингибитором обращала индуцированное свинцом подавление окклюдина. Кроме того, воздействие свинца вызывало перераспределение GRP78 из эндоплазматического ретикулаума в цитозоль и в сторону клеточной мембраны. Однако данные исследований иммунонейтрализации не показали участия GRP78 клеточной мембраны в регуляции фосфорилирования Src при воздействии свинца, что позволяет предположить, что цитозольный GRP78, а не GRP78 клеточной мембраны, ответственен за Pb-индуцированную активацию Src и последующее восстановление окклюдина [44].

Обсуждение. Изучение механизмов действия свинца на головной мозг является неотъемлемой частью научного прогресса ввиду широкого распространения этого металла в окружающей среде.

Свинец, будучи системным токсикантом, воздействует на центральную нервную систему как опосредованно через системные организменные эффекты, так и напрямую, проникая через гематоэнцефалический барьер за счет своей способности замещать ионы кальция по механизму ионной мимикрии. Кроме того, на молекулярном уровне свинец препятствует регулируемому действию двухвалентных ионов (кальция, цинка, марганца) на функции клеток и нарушает многие внутриклеточные биологические активности. Страдают важные внутриклеточные структуры – «энергетические станции» клетки митохондрии и эндоплазматический ретикулум, обеспечивающий транспорт крупных молекул органических веществ, которые часто синтезируются на поверхности самой сети. Изменение антиоксидантного статуса носит как локальный, так и системный характер. Цитотоксическое действие на отдельные клеточные элементы проявляется в индукции аутофагии, воздействии на рецепторный и генетический аппарат клетки. Изменение синаптической пластичности, основного элемента межнейронных связей, влечет за собой нарушение в целостной реакции мозга на функционально значимые воздействия и постепенное развитие стойкого патологического процесса. Основными «зонами поражения» для вредного действия свинца являются структуры префронтальной коры головного мозга, гиппокампа и мозжечка, повреждение которых, как известно, может привести к различным неврологическим расстройствам, среди которых поведенческие и когнитивные нарушения: снижение интеллекта, памяти, скорости обработки информации, понимания и чтения, зрительно-пространственных навыков, моторики. Отметим, что некоторые неблагоприятные последствия воздействия свинца на мозг могут быть обратимыми – например, изменение уровня экспрессии ряда веществ.

Приведенные нами в настоящем обзоре данные являются наиболее полной систематизированной базой, содержащей информацию о токсических эффектах свинца на молекулярном и клеточном уровне, на ноябрь 2023 года. Вместе с тем ограничением настоящего обзора является отсутствие в нем информации о механизмах развития важного

нейротоксического эффекта свинца – периферических полиневропатий. Тем не менее настоящий материал может служить научной основой для разработки комплексных мер профилактики неврологических расстройств, обусловленных действием свинца. Понимание нейротоксического воздействия свинца и принятие мер по снижению уровня его воздействия значимы для сохранения общественного здоровья. Особенно остро стоит проблема для уязвимых групп населения, таких как дети и беременные женщины, в большей степени подверженных любому токсическому воздействию.

Заключение. Нейротоксичность включает когнитивные, аффективные и физиологические изменения, вызванные токсическим воздействием элемента на структуры головного мозга. Результаты настоящего обзора обобщают и систематизируют современные данные о механизме действия свинца на клеточном и субклеточном уровнях на головной мозг, определяя ключевые «точки приложения». Нами не были обнаружены разночтения в механизмах патогенеза. Более того, зачастую авторы оригинальных исследований подчеркивают выраженную дозозависимость эффекта, как на экспериментальных моделях *in vivo*, так и *in vitro*. Отметим, что нейротоксическое действие реализуется одномоментно за счет нескольких механизмов с поражением разных структур головного мозга.

Гибель клеток, дефекты нейрогенеза и структурные дефекты нервной архитектуры, вызванные воздействием свинца пренатально или постнатально, приводят к необратимым последствиям, включая когнитивные и поведенческие нарушения у лиц трудоспособного возраста. Именно поэтому понимание механизмов патогенеза и упорядочение всех его звеньев чрезвычайно важно, поскольку позволяет определить «критические точки» воздействия профилактических мероприятий, направленных на эффективное снижение нейротоксического эффекта свинца. Повышение уровня адаптационных возможностей организма к действию свинца актуально как на уровне популяции в целом для сохранения здоровья населения, но в еще большей степени – для лиц, имеющих повышенную чувствительность к этому токсиканту, обусловленную генетическими особенностями, а также для наиболее уязвимых групп населения (беременные женщины, дети). С учетом раскрытых механизмов воздействия свинца основная задача при разработке профилактических стратегий состоит в создании подходов, которые будут учитывать влияние на более чем один из этих механизмов для предотвращения и уменьшения нервной дисфункции, вызванной контактом со свинцом.

Список литературы:

1. WHO. Lead poisoning. 2023. URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>.
2. Государственный доклад Роспотребнадзора «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2022 году»: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2023. 368 с.
3. Кадникова, Е. П. Оценка состояния здоровья детей, проживающих в условиях воздействия токсической нагрузки в городах с развитой цветной металлургией

- Свердловской области. Здоровье населения и среда обитания-ЗНисО. 2022; 30, 9: 67-76. <https://doi:10.35627/2219-5238/2022-30-9-67-76>.
4. Feng C, Liu S, Zhou F, Gao Y, Li Y, Du G, Chen Y, Jiao H, Feng J, Zhang Y, Bo D, Li Z, Fan G. Oxidative stress in the neurodegenerative brain following lifetime exposure to lead in rats: Changes in lifespan profiles. *Toxicology*. 2019; 411: 101-109. <https://doi:10.1016/j.tox.2018.11.003>.
 5. Hoseinrad H, Shahrestanaki JK, Moosazadeh Moghaddam M, Mousazadeh A, Yadegari P, Afsharzadeh N. Protective Effect of Vitamin D3 Against Pb-Induced Neurotoxicity by Regulating the Nrf2 and NF- κ B Pathways. *Neurotox Res*. 2021; 39, 3: 687-696. <https://doi:10.1007/s12640-020-00322-w>.
 6. Fan S, Weixuan W, Han H, Liansheng Z, Gang L, Jierui W, Yanshu Z. Role of NF- κ B in lead exposure-induced activation of astrocytes based on bioinformatics analysis of hippocampal proteomics. *Chem Biol Interact*. 2023; 370: 110310. <https://doi:10.1016/j.cbi.2022.110310>.
 7. Chibowska K, Korbecki J, Gutowska I, Metryka E, Tarnowski M, Goschorska M, Barczak K, Chlubek D, Baranowska-Bosiacka I. Pre- and Neonatal Exposure to Lead (Pb) Induces Neuroinflammation in the Forebrain Cortex, Hippocampus and Cerebellum of Rat Pups. *Int J Mol Sci*. 2020; 21, 3: 1083. <https://doi:10.3390/ijms21031083>
 8. Wei J, Du K, Cai Q, Ma L, Jiao Z, Tan J, Xu Z, Li J, Luo W, Chen J, Gao J, Zhang D, Huang C. Lead induces COX-2 expression in glial cells in a NFAT-dependent, AP-1/NF κ B-independent manner. *Toxicology*. 2014; 325: 67-73. <https://doi:10.1016/j.tox.2014.08.012>.
 9. Rahman A, Rao MS, Khan KM. Intraventricular infusion of quinolinic acid impairs spatial learning and memory in young rats: a novel mechanism of lead-induced neurotoxicity. *J Neuroinflammation*. 2018; 15, 1: 263. <https://doi:10.1186/s12974-018-1306-2>.
 10. Leão LKR, Bittencourt LO, Oliveira ACA, Nascimento PC, Ferreira MKM, Miranda GHN, Ferreira RO, Eiró-Quirino L, Puty B, Dionizio A, Cartágenes SC, Freire MAM, Buzalaf MAR, Crespo-Lopez ME, Maia CSF, Lima RR. Lead-Induced Motor Dysfunction Is Associated with Oxidative Stress, Proteome Modulation, and Neurodegeneration in Motor Cortex of Rats. *Oxid Med Cell Longev*. 2021; 2021: 5595047. <https://doi:10.1155/2021/5595047>.
 11. Кравцов А. А., Шурыгин А.Я., Абрамова Н.О., Скороход Н. С., Удодова Е.И., Андросова Т.В., Шурыгин А. Я. Влияние хронической свинцовой интоксикации на радикалообразование в мозге и глутаматную нейротоксичность в культуре нейронов мозжечка. *Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки*. 2009; 5.
 12. Maeda N, Shimizu S, Takahashi Y, Kubota R, Uomoto S, Takesue K, Takashima K, Okano H, Ojiro R, Ozawa S, Tang Q, Jin M, Ikarashi Y, Yoshida T, Shibutani M. Oral Exposure to Lead Acetate for 28 Days Reduces the Number of Neural Progenitor Cells but Increases the Number and Synaptic Plasticity of Newborn Granule Cells in Adult Hippocampal Neurogenesis of Young-Adult Rats. *Neurotox Res*. 2022; 40, 6: 2203-2220. <https://doi:10.1007/s12640-022-00577-5>.

13. Huang Y, Liao Y, Zhang H, Li S. Lead exposure induces cell autophagy via blocking the Akt/mTOR signaling in rat astrocytes. *J Toxicol Sci.* 2020; 45, 9: 559-567. [https://doi: 10.2131/jts.45.559](https://doi.org/10.2131/jts.45.559).
14. Zhang B, Li H, Wang Y, Li Y, Zhou Z, Hou X, Zhang X, Liu T. Mechanism of autophagy mediated by IGF-1 signaling pathway in the neurotoxicity of lead in pubertal rats. *Ecotoxicol Environ Saf.* 2023; 251: 114557. [https://doi: 10.1016/j.ecoenv.2023.114557](https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2023.114557).
15. Herskovits AZ, Guarente L. SIRT1 in neurodevelopment and brain senescence. *Neuron.* 2014; 81, 3: 471-83. [https://doi: 10.1016/j.neuron.2014.01.028](https://doi.org/10.1016/j.neuron.2014.01.028).
16. Wang R, Yang M, Wu Y, Liu R, Liu M, Li Q, Su X, Xin Y, Huo W, Deng Q, Ba Y, Huang H. SIRT1 modifies DNA methylation linked to synaptic deficits induced by Pb in vitro and in vivo. *Int J Biol Macromol.* 2022; 217: 219-228. [https://doi: 10.1016/j.ijbiomac.2022.07.060](https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.07.060).
17. Bai L, Liu R, Wang R, Xin Y, Wu Z, Ba Y, Zhang H, Cheng X, Zhou G, Huang H. Attenuation of Pb-induced A β generation and autophagic dysfunction via activation of SIRT1: Neuroprotective properties of resveratrol. *Ecotoxicol Environ Saf.* 2021; 222: 112511. [https://doi: 10.1016/j.ecoenv.2021.112511](https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112511).
18. Gu X, Han M, Du Y, Wu Y, Xu Y, Zhou X, Ye D, Wang HL. Pb disrupts autophagic flux through inhibiting the formation and activity of lysosomes in neural cells. *Toxicol In Vitro.* 2019; 55: 43-50. [https://doi: 10.1016/j.tiv.2018.11.010](https://doi.org/10.1016/j.tiv.2018.11.010).
19. Feng C, Gu J, Zhou F, Li J, Zhu G, Guan L, Liu H, Du G, Feng J, Liu D, Zhang S, Fan G. The effect of lead exposure on expression of SIRT1 in the rat hippocampus. *Environ Toxicol Pharmacol.* 2016; 44: 84-92. [https://doi: 10.1016/j.etap.2016.04.008](https://doi.org/10.1016/j.etap.2016.04.008).
20. Liu R, Wang Y, Bai L, Wang R, Wu Y, Liu M, Li Q, Ba Y, Zhang H, Zhou G, Cheng X, Huang H. Time-course miRNA alterations and SIRT1 inhibition triggered by adolescent lead exposure in mice. *Toxicol Res (Camb).* 2021; 10,4: 667-676. [https://doi: 10.1093/toxres/tfab050](https://doi.org/10.1093/toxres/tfab050).
21. Neal AP, Guilarte TR. Mechanisms of lead and manganese neurotoxicity. *Toxicol Res (Camb).* 2013; 2, 2: 99-114. [https://doi: 10.1039/C2TX20064C](https://doi.org/10.1039/C2TX20064C).
22. Gorkhali R, Huang K, Kirberger M, Yang JJ. Defining potential roles of Pb (2+) in neurotoxicity from a calciomics approach. *Metallomics.* 2016; 8, 6: 563-78. [https://doi: 10.1039/c6mt00038j](https://doi.org/10.1039/c6mt00038j).
23. Gavazzo P, Zanardi I, Baranowska-Bosiacka I, Marchetti C. Molecular determinants of Pb²⁺ interaction with NMDA receptor channels. *Neurochem Int.* 2008; 52, 1-2: 329-37. [https://doi: 10.1016/j.neuint.2007.07.003](https://doi.org/10.1016/j.neuint.2007.07.003).
24. Bitto E, Bingman CA, Wesenberg GE, McCoy JG, Phillips GN Jr. Structure of pyrimidine 5'-nucleotidase type 1. Insight into mechanism of action and inhibition during lead poisoning. *J Biol Chem.* 2006; 281, 29: 20521-9. [https://doi: 10.1074/jbc.M602000200](https://doi.org/10.1074/jbc.M602000200).
25. Fan G, Zhou F, Feng C, Wu F, Ye W, Wang C, Lin F, Yan J, Li Y, Chen Y. Lead-induced ER calcium release and inhibitory effects of methionine choline in cultured rat hippocampal neurons. *Toxicology in Vitro.* 2013; 27: 387-395. [https://doi: 10.1016/j.tiv.2012.06.019](https://doi.org/10.1016/j.tiv.2012.06.019).
26. Gurer-Orhan H, Sabır HU, Özgüneş H. Correlation between clinical indicators of lead poisoning and oxidative stress parameters in controls and lead-exposed workers. *Toxicology.* 2004; 195: 147-154. [https://doi: 10.1016/j.tox.2003.09.009](https://doi.org/10.1016/j.tox.2003.09.009).

27. Zhang J, Su P, Xue C, Wang D, Zhao F, Shen X, Luo W. Lead Disrupts Mitochondrial Morphology and Function through Induction of ER Stress in Model of Neurotoxicity. *Int J Mol Sci.* 2022; 23,19: 11435. [https://doi: 10.3390/ijms231911435](https://doi.org/10.3390/ijms231911435).
28. An J, Cai T, Che H, Yu T, Cao Z, Liu X, Zhao F, Jing J, Shen X, Liu M, Du K, Chen J, Luo W. The changes of miRNA expression in rat hippocampus following chronic lead exposure. *Toxicol Lett.* 2014; 229,1: 158-66. [https://doi: 10.1016/j.toxlet.2014.06.002](https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2014.06.002).
29. Xue C, Kang B, Su P, Wang D, Zhao F, Zhang J, Wang X, Lang H, Cao Z. MicroRNA-106b-5p participates in lead (Pb²⁺)-induced cell viability inhibition by targeting XIAP in HT-22 and PC12 cells. *Toxicol In Vitro.* 2020; 66: 104876. [https://doi: 10.1016/j.tiv.2020.104876](https://doi.org/10.1016/j.tiv.2020.104876).
30. Dabrowska A, Venero JL, Iwasawa R, Hankir MK, Rahman S, Boobis A, Hajji N. PGC-1 α controls mitochondrial biogenesis and dynamics in lead-induced neurotoxicity. *Aging (Albany NY).* 2015; 7, 9: 629-47. [https://doi: 10.18632/aging.100790](https://doi.org/10.18632/aging.100790).
31. Yang X, Wang B, Zeng H, Cai C, Hu Q, Cai S, Xu L, Meng X, Zou F. Role of the mitochondrial Ca²⁺ uniporter in Pb²⁺-induced oxidative stress in human neuroblastoma cells. *Brain Res.* 2014; 1575: 12-21. [https://doi: 10.1016/j.brainres.2014.05.032](https://doi.org/10.1016/j.brainres.2014.05.032).
32. Zhao ZH, Du KJ, Wang T, Wang JY, Cao ZP, Chen XM, Song H, Zheng G, Shen XF. Maternal Lead Exposure Impairs Offspring Learning and Memory via Decreased GLUT4 Membrane Translocation. *Front Cell Dev Biol.* 2021; 9: 648261. [https://doi: 10.3389/fcell.2021.648261](https://doi.org/10.3389/fcell.2021.648261).
33. Albores-Garcia D, McGlothlan JL, Bursac Z, Guilarte TR. Chronic developmental lead exposure increases μ -opiate receptor levels in the adolescent rat brain. *Neurotoxicology.* 2021; 82: 119-129. [https://doi: 10.1016/j.neuro.2020.11.008](https://doi.org/10.1016/j.neuro.2020.11.008).
34. Ouyang L, Zhang W, Du G, Liu H, Xie J, Gu J, Zhang S, Zhou F, Shao L, Feng C, Fan G. Lead exposure-induced cognitive impairment through RyR-modulating intracellular calcium signaling in aged rats. *Toxicology.* 2019; 419: 55-64. [https://doi: 10.1016/j.tox.2019.03.005](https://doi.org/10.1016/j.tox.2019.03.005).
35. Zhou F, Du G, Xie J, Gu J, Jia Q, Fan Y, Yu H, Zha Z, Wang K, Ouyang L, Shao L, Feng C, Fan G. RyRs mediate lead-induced neurodegenerative disorders through calcium signaling pathways. *Sci Total Environ.* 2020; 701: 134901. [https://doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.134901](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134901).
36. Wang T, Guan RL, Liu MC, Shen XF, Chen JY, Zhao MG, Luo WJ. Lead Exposure Impairs Hippocampus Related Learning and Memory by Altering Synaptic Plasticity and Morphology During Juvenile Period. *Mol Neurobiol.* 2016; 53, 6: 3740-3752. [https://doi: 10.1007/s12035-015-9312-1](https://doi.org/10.1007/s12035-015-9312-1).
37. Pang S, Li Y, Chen W, Li Y, Yang M, Zhao L, Shen Q, Cheng N, Wang Y, Lin X, Ma J, Wu H, Zhu G. Pb exposure reduces the expression of SNX6 and Homer1 in offspring rats and PC12 cells. *Toxicology.* 2019; 416: 23-29. [https://doi: 10.1016/j.tox.2019.02.002](https://doi.org/10.1016/j.tox.2019.02.002).
38. А. М. Амромина, Д. Р. Шаихова, И. А. Береза и др. Влияние наночастиц свинца на экспрессию генов глутаматного рецептора NMDA и поведенческие реакции у крыс породы Wistar. *Гигиена и санитария.* 2022; 101,12: 1581-1587. [https://doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-12-1581-158](https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-12-1581-158).
39. Luo M, Xu Y, Cai R, Tang Y, Ge MM, Liu ZH, Xu L, Hu F, Ruan DY, Wang HL. Epigenetic histone modification regulates developmental lead exposure induced hyperactivity in rats. *Toxicol Lett.* 2014; 225, 1: 78-85. [https://doi: 10.1016/j.toxlet.2013.11.025](https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2013.11.025).

40. Н. Л. Якимова, Л. М. Соседова, Е. А. Титов, А. В. Лизарев. Отдаленные нейротоксические эффекты воздействия свинца в эксперименте. *Национальное здоровье*. 2020; 3: 49-56.
41. Yang M, Li Y, Hu L, Luo D, Zhang Y, Xiao X, Li G, Zhang L, Zhu G. Lead exposure inhibits expression of SV2C through NRSF. *Toxicology*. 2018; 398-399: 23-30. [https://doi: 10.1016/j.tox.2018.02.009](https://doi.org/10.1016/j.tox.2018.02.009).
42. Sabbar M, Delaville C, De Deurwaerdère P, Lakhdar-Ghazal N, Benazzouz A. Lead-Induced Atypical Parkinsonism in Rats: Behavioral, Electrophysiological, and Neurochemical Evidence for a Role of Noradrenaline Depletion. *Front Neurosci*. 2018; 12: 173. [https://doi: 10.3389/fnins.2018.00173](https://doi.org/10.3389/fnins.2018.00173).
43. Sanders T, Liu YM, Tchounwou PB. Cytotoxic, genotoxic, and neurotoxic effects of Mg, Pb, and Fe on pheochromocytoma (PC-12) cells. *Environ Toxicol*. 2015; 30, 12: 1445-58. [https://doi: 10.1002/tox.22014](https://doi.org/10.1002/tox.22014).
44. Song H, Zheng G, Shen XF, Liu XQ, Luo WJ, Chen JY. Reduction of brain barrier tight junctional proteins by lead exposure: role of activation of nonreceptor tyrosine kinase Src via chaperon GRP78. *Toxicol Sci*. 2014; 138, 2: 393-402. [https://doi: 10.1093/toxsci/kfu007](https://doi.org/10.1093/toxsci/kfu007).

References:

1. WHO. Lead poisoning. 2023. URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>.
2. State report of Rospotrebnadzor "On the state of sanitary and epidemiological well-being of the population in the Russian Federation in 2022: State report. M.: Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare, 2023; 368.
3. Kadnikova E P. Assessment of the health status of children living under conditions of exposure to toxic loads in cities with developed non-ferrous metallurgy in the Sverdlovsk region. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*. 2022; 30, 9: 67-76. [https://doi:10.35627/2219-5238/2022-30-9-67-76](https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-9-67-76).
4. Feng C, Liu S, Zhou F, Gao Y, Li Y, Du G, Chen Y, Jiao H, Feng J, Zhang Y, Bo D, Li Z, Fan G. Oxidative stress in the neurodegenerative brain following lifetime exposure to lead in rats: Changes in lifespan profiles. *Toxicology*. 2019; 411: 101-109. [https://doi: 10.1016/j.tox.2018.11.003](https://doi.org/10.1016/j.tox.2018.11.003).
5. Hoseinrad H, Shahrestanaki JK, Moosazadeh Moghaddam M, Mousazadeh A, Yadegari P, Afsharzadeh N. Protective Effect of Vitamin D3 Against Pb-Induced Neurotoxicity by Regulating the Nrf2 and NF-κB Pathways. *Neurotox Res*. 2021; 39, 3: 687-696. [https://doi: 10.1007/s12640-020-00322-w](https://doi.org/10.1007/s12640-020-00322-w).
6. Fan S, Weixuan W, Han H, Liansheng Z, Gang L, Jierui W, Yanshu Z. Role of NF-κB in lead exposure-induced activation of astrocytes based on bioinformatics analysis of hippocampal proteomics. *Chem Biol Interact*. 2023; 370: 110310. [https://doi:10.1016/j.cbi.2022.110310](https://doi.org/10.1016/j.cbi.2022.110310).
7. Chibowska K, Korbecki J, Gutowska I, Metryka E, Tarnowski M, Goschorska M, Barczak K, Chlubek D, Baranowska-Bosiacka I. Pre- and Neonatal Exposure to Lead (Pb) Induces

- Neuroinflammation in the Forebrain Cortex, Hippocampus and Cerebellum of Rat Pups. *Int J Mol Sci.* 2020; 21, 3: 1083. <https://doi:10.3390/ijms21031083>
8. Wei J, Du K, Cai Q, Ma L, Jiao Z, Tan J, Xu Z, Li J, Luo W, Chen J, Gao J, Zhang D, Huang C. Lead induces COX-2 expression in glial cells in a NFAT-dependent, AP-1/NFκB-independent manner. *Toxicology.* 2014; 325: 67-73. <https://doi:10.1016/j.tox.2014.08.012>.
 9. Rahman A, Rao MS, Khan KM. Intraventricular infusion of quinolinic acid impairs spatial learning and memory in young rats: a novel mechanism of lead-induced neurotoxicity. *J Neuroinflammation.* 2018; 15, 1: 263. [https://doi: 10.1186/s12974-018-1306-2](https://doi:10.1186/s12974-018-1306-2).
 10. Leão LKR, Bittencourt LO, Oliveira ACA, Nascimento PC, Ferreira MKM, Miranda GHN, Ferreira RO, Eiró-Quirino L, Puty B, Dionizio A, Cartágenes SC, Freire MAM, Buzalaf MAR, Crespo-Lopez ME, Maia CSF, Lima RR. Lead-Induced Motor Dysfunction Is Associated with Oxidative Stress, Proteome Modulation, and Neurodegeneration in Motor Cortex of Rats. *Oxid Med Cell Longev.* 2021; 2021: 5595047. [https://doi: 10.1155/2021/5595047](https://doi:10.1155/2021/5595047).
 11. Kravtsov A.A., Shurygin A.Ya., Abramova N.O., Skorokhod N. S., Udodova E.I., Androsova T.V., Shurygina A.Ya. The influence of chronic lead intoxication on radical formation in the brain and glutamate neurotoxicity in cultured cerebellar neurons. *Izvestiya vuzov. Severo-Kavkazskij region. Seriya: Estestvennye nauki.* 2009; 5.
 12. Maeda N, Shimizu S, Takahashi Y, Kubota R, Uomoto S, Takesue K, Takashima K, Okano H, Ojio R, Ozawa S, Tang Q, Jin M, Ikarashi Y, Yoshida T, Shibutani M. Oral Exposure to Lead Acetate for 28 Days Reduces the Number of Neural Progenitor Cells but Increases the Number and Synaptic Plasticity of Newborn Granule Cells in Adult Hippocampal Neurogenesis of Young-Adult Rats. *Neurotox Res.* 2022; 40, 6: 2203-2220. [https://doi: 10.1007/s12640-022-00577-5](https://doi:10.1007/s12640-022-00577-5).
 13. Huang Y, Liao Y, Zhang H, Li S. Lead exposure induces cell autophagy via blocking the Akt/mTOR signaling in rat astrocytes. *J Toxicol Sci.* 2020; 45, 9: 559-567. [https://doi: 10.2131/jts.45.559](https://doi:10.2131/jts.45.559).
 14. Zhang B, Li H, Wang Y, Li Y, Zhou Z, Hou X, Zhang X, Liu T. Mechanism of autophagy mediated by IGF-1 signaling pathway in the neurotoxicity of lead in pubertal rats. *Ecotoxicol Environ Saf.* 2023; 251: 114557. [https://doi: 10.1016/j.ecoenv.2023.114557](https://doi:10.1016/j.ecoenv.2023.114557).
 15. Herskovits AZ, Guarente L. SIRT1 in neurodevelopment and brain senescence. *Neuron.* 2014; 81, 3: 471-83. [https://doi: 10.1016/j.neuron.2014.01.028](https://doi:10.1016/j.neuron.2014.01.028).
 16. Wang R, Yang M, Wu Y, Liu R, Liu M, Li Q, Su X, Xin Y, Huo W, Deng Q, Ba Y, Huang H. SIRT1 modifies DNA methylation linked to synaptic deficits induced by Pb in vitro and in vivo. *Int J Biol Macromol.* 2022; 217: 219-228. [https://doi: 10.1016/j.ijbiomac.2022.07.060](https://doi:10.1016/j.ijbiomac.2022.07.060).
 17. Bai L, Liu R, Wang R, Xin Y, Wu Z, Ba Y, Zhang H, Cheng X, Zhou G, Huang H. Attenuation of Pb-induced Aβ generation and autophagic dysfunction via activation of SIRT1: Neuroprotective properties of resveratrol. *Ecotoxicol Environ Saf.* 2021; 222: 112511. [https://doi: 10.1016/j.ecoenv.2021.112511](https://doi:10.1016/j.ecoenv.2021.112511).
 18. Gu X, Han M, Du Y, Wu Y, Xu Y, Zhou X, Ye D, Wang HL. Pb disrupts autophagic flux through inhibiting the formation and activity of lysosomes in neural cells. *Toxicol In Vitro.* 2019; 55: 43-50. [https://doi: 10.1016/j.tiv.2018.11.010](https://doi:10.1016/j.tiv.2018.11.010).

19. Feng C, Gu J, Zhou F, Li J, Zhu G, Guan L, Liu H, Du G, Feng J, Liu D, Zhang S, Fan G. The effect of lead exposure on expression of SIRT1 in the rat hippocampus. *Environ Toxicol Pharmacol*. 2016; 44: 84-92. [https://doi: 10.1016/j.etap.2016.04.008](https://doi.org/10.1016/j.etap.2016.04.008).
20. Liu R, Wang Y, Bai L, Wang R, Wu Y, Liu M, Li Q, Ba Y, Zhang H, Zhou G, Cheng X, Huang H. Time-course miRNA alterations and SIRT1 inhibition triggered by adolescent lead exposure in mice. *Toxicol Res (Camb)*. 2021; 10,4: 667-676. [https://doi: 10.1093/toxres/tfab050](https://doi.org/10.1093/toxres/tfab050).
21. Neal AP, Guilarte TR. Mechanisms of lead and manganese neurotoxicity. *Toxicol Res (Camb)*. 2013; 2, 2: 99-114. [https://doi: 10.1039/C2TX20064C](https://doi.org/10.1039/C2TX20064C).
22. Gorkhali R, Huang K, Kirberger M, Yang JJ. Defining potential roles of Pb (2+) in neurotoxicity from a calciomics approach. *Metallomics*. 2016; 8, 6: 563-78. [https://doi: 10.1039/c6mt00038j](https://doi.org/10.1039/c6mt00038j).
23. Gavazzo P, Zanardi I, Baranowska-Bosiacka I, Marchetti C. Molecular determinants of Pb²⁺ interaction with NMDA receptor channels. *Neurochem Int*. 2008; 52, 1-2: 329-37. [https://doi: 10.1016/j.neuint.2007.07.003](https://doi.org/10.1016/j.neuint.2007.07.003).
24. Bitto E, Bingman CA, Wesenberg GE, McCoy JG, Phillips GN Jr. Structure of pyrimidine 5'-nucleotidase type 1. Insight into mechanism of action and inhibition during lead poisoning. *J Biol Chem*. 2006; 281, 29: 20521-9. [https://doi: 10.1074/jbc.M602000200](https://doi.org/10.1074/jbc.M602000200).
25. Fan G, Zhou F, Feng C, Wu F, Ye W, Wang C, Lin F, Yan J, Li Y, Chen Y. Lead-induced ER calcium release and inhibitory effects of methionine choline in cultured rat hippocampal neurons. *Toxicology in Vitro*. 2013; 27: 387–395. [https://doi: 10.1016/j.tiv.2012.06.019](https://doi.org/10.1016/j.tiv.2012.06.019).
26. Gurer-Orhan H, Sabır HU, Özgüneş H. Correlation between clinical indicators of lead poisoning and oxidative stress parameters in controls and lead-exposed workers. *Toxicology*. 2004; 195: 147–154. [https://doi: 10.1016/j.tox.2003.09.009](https://doi.org/10.1016/j.tox.2003.09.009).
27. Zhang J, Su P, Xue C, Wang D, Zhao F, Shen X, Luo W. Lead Disrupts Mitochondrial Morphology and Function through Induction of ER Stress in Model of Neurotoxicity. *Int J Mol Sci*. 2022; 23,19: 11435. [https://doi: 10.3390/ijms231911435](https://doi.org/10.3390/ijms231911435).
28. An J, Cai T, Che H, Yu T, Cao Z, Liu X, Zhao F, Jing J, Shen X, Liu M, Du K, Chen J, Luo W. The changes of miRNA expression in rat hippocampus following chronic lead exposure. *Toxicol Lett*. 2014; 229,1: 158-66. [https://doi: 10.1016/j.toxlet.2014.06.002](https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2014.06.002).
29. Xue C, Kang B, Su P, Wang D, Zhao F, Zhang J, Wang X, Lang H, Cao Z. MicroRNA-106b-5p participates in lead (Pb²⁺)-induced cell viability inhibition by targeting XIAP in HT-22 and PC12 cells. *Toxicol In Vitro*. 2020; 66: 104876. [https://doi: 10.1016/j.tiv.2020.104876](https://doi.org/10.1016/j.tiv.2020.104876).
30. Dabrowska A, Venero JL, Iwasawa R, Hankir MK, Rahman S, Boobis A, Hajji N. PGC-1 α controls mitochondrial biogenesis and dynamics in lead-induced neurotoxicity. *Aging (Albany NY)*. 2015; 7, 9: 629-47. [https://doi: 10.18632/aging.100790](https://doi.org/10.18632/aging.100790).
31. Yang X, Wang B, Zeng H, Cai C, Hu Q, Cai S, Xu L, Meng X, Zou F. Role of the mitochondrial Ca²⁺ uniporter in Pb²⁺-induced oxidative stress in human neuroblastoma cells. *Brain Res*. 2014; 1575: 12-21. [https://doi: 10.1016/j.brainres.2014.05.032](https://doi.org/10.1016/j.brainres.2014.05.032).
32. Zhao ZH, Du KJ, Wang T, Wang JY, Cao ZP, Chen XM, Song H, Zheng G, Shen XF. Maternal Lead Exposure Impairs Offspring Learning and Memory via Decreased GLUT4 Membrane Translocation. *Front Cell Dev Biol*. 2021; 9: 648261. [https://doi: 10.3389/fcell.2021.648261](https://doi.org/10.3389/fcell.2021.648261).

33. Albores-Garcia D, McGlothlan JL, Bursac Z, Guilarte TR. Chronic developmental lead exposure increases μ -opiate receptor levels in the adolescent rat brain. *Neurotoxicology*. 2021; 82: 119-129. [https://doi: 10.1016/j.neuro.2020.11.008](https://doi.org/10.1016/j.neuro.2020.11.008).
34. Ouyang L, Zhang W, Du G, Liu H, Xie J, Gu J, Zhang S, Zhou F, Shao L, Feng C, Fan G. Lead exposure-induced cognitive impairment through RyR-modulating intracellular calcium signaling in aged rats. *Toxicology*. 2019; 419: 55-64. [https://doi: 10.1016/j.tox.2019.03.005](https://doi.org/10.1016/j.tox.2019.03.005).
35. Zhou F, Du G, Xie J, Gu J, Jia Q, Fan Y, Yu H, Zha Z, Wang K, Ouyang L, Shao L, Feng C, Fan G. RyRs mediate lead-induced neurodegenerative disorders through calcium signaling pathways. *Sci Total Environ*. 2020; 701: 134901. [https://doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.134901](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134901).
36. Wang T, Guan RL, Liu MC, Shen XF, Chen JY, Zhao MG, Luo WJ. Lead Exposure Impairs Hippocampus Related Learning and Memory by Altering Synaptic Plasticity and Morphology During Juvenile Period. *Mol Neurobiol*. 2016; 53, 6: 3740-3752. [https://doi: 10.1007/s12035-015-9312-1](https://doi.org/10.1007/s12035-015-9312-1).
37. Pang S, Li Y, Chen W, Li Y, Yang M, Zhao L, Shen Q, Cheng N, Wang Y, Lin X, Ma J, Wu H, Zhu G. Pb exposure reduces the expression of SNX6 and Homer1 in offspring rats and PC12 cells. *Toxicology*. 2019; 416: 23-29. [https://doi: 10.1016/j.tox.2019.02.002](https://doi.org/10.1016/j.tox.2019.02.002).
38. A. M. Amromina, D. R. Shaikhova, I. A. Bereza [et al]. Effect of lead nanoparticles on the expression of NMDA glutamate receptor genes and behavioral reactions in Wistar rats. *Gigiena i sanitariya*. 2022; 101,12: 1581-1587. [https://doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-12-1581-158](https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-12-1581-158).
39. Luo M, Xu Y, Cai R, Tang Y, Ge MM, Liu ZH, Xu L, Hu F, Ruan DY, Wang HL. Epigenetic histone modification regulates developmental lead exposure induced hyperactivity in rats. *Toxicol Lett*. 2014; 225, 1: 78-85. [https://doi: 10.1016/j.toxlet.2013.11.025](https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2013.11.025).
40. N. L. Yakimova, L. M. Sosedova, E. A. Titov, A. V. Lizarev. Long-term neurotoxic effects of experimental lead exposure. *Nacional'noe zdorov'e*. 2020; 3: 49-56.
41. Yang M, Li Y, Hu L, Luo D, Zhang Y, Xiao X, Li G, Zhang L, Zhu G. Lead exposure inhibits expression of SV2C through NRSF. *Toxicology*. 2018; 398-399: 23-30. [https://doi: 10.1016/j.tox.2018.02.009](https://doi.org/10.1016/j.tox.2018.02.009).
42. Sabbar M, Delaville C, De Deurwaerdère P, Lakhdar-Ghazal N, Benazzouz A. Lead-Induced Atypical Parkinsonism in Rats: Behavioral, Electrophysiological, and Neurochemical Evidence for a Role of Noradrenaline Depletion. *Front Neurosci*. 2018; 12: 173. [https://doi: 10.3389/fnins.2018.00173](https://doi.org/10.3389/fnins.2018.00173).
43. Sanders T, Liu YM, Tchounwou PB. Cytotoxic, genotoxic, and neurotoxic effects of Mg, Pb, and Fe on pheochromocytoma (PC-12) cells. *Environ Toxicol*. 2015; 30, 12: 1445-58. [https://doi: 10.1002/tox.22014](https://doi.org/10.1002/tox.22014).
44. Song H, Zheng G, Shen XF, Liu XQ, Luo WJ, Chen JY. Reduction of brain barrier tight junctional proteins by lead exposure: role of activation of nonreceptor tyrosine kinase Src via chaperon GRP78. *Toxicol Sci*. 2014; 138, 2: 393-402. [https://doi: 10.1093/toxsci/kfu007](https://doi.org/10.1093/toxsci/kfu007).

УДК 61 (091); 614.38

**НЕКОТОРЫЕ СТРАНИЦЫ ЛЕТОПИСИ
САНИТАРНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЙ МЕДИЦИНЫ БАШКИРИИ**

Бакиров А.Б.^{1,2,3}, Степанов Е.Г.^{1,4}, Яхина М.Р.¹, Даукаев Р.А.¹, Валеев Т.К.¹, Сулейманов Р.А.¹

¹ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», Уфа, Россия

²ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России,
Уфа, Россия

³Академия наук Республики Башкортостан, Уфа, Россия

⁴ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»,
Уфа, Россия

***Аннотация.** Представлены исторические этапы санитарно-эпидемиологической борьбы за жизнь и здоровье населения Башкирии, а также научный взнос Уфимского НИИ медицины труда и экологии человека в здоровьесбережение населения республики.*

***Ключевые слова:** Республика Башкортостан, наука и практика Роспотребнадзора, экстремальные ситуации.*

***Для цитирования:** Бакиров А.Б., Степанов Е.Г., Яхина М.Р., Даукаев Р.А., Валеев Т.К., Сулейманов Р.А. Некоторые страницы летописи санитарно-профилактической медицины Башкирии. Медицина труда и экология человека. 2023;4:216-223.*

***Для корреспонденции:** Валеев Тимур Камилевич, к.б.н., ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», старший научный сотрудник, valeevtk2011@mail.ru.*

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

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

***DOI:** <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10416>*

**SOME PAGES OF THE CHRONICLE OF BASHKIRIAN
SANITARY AND PREVENTIVE MEDICINE**

Bakirov A.B.^{1,2,3}, Stepanov E.G.^{1,4}, Yakhina M.R.¹, Daukaev R.A.¹, Valeev T.K.¹, Suleymanov R.A.¹

¹Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, Ufa, Russia

²Bashkirian State Medical University of the Russian Health Ministry, Ufa, Russia

³Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan, Ufa, Russia

⁴Ufa State Petroleum Technical University, Ufa, Russia

The historical stages of the sanitary and epidemiological struggle for the life and health of the Bashkirian population, as well as the scientific contribution to the health of the population of the republic of the Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology are presented.

***Keywords:** Republic of Bashkortostan, science and practice of Rospotrebnadzor, extreme situations.*

For citation: Bakirov A.B., Stepanov E.G., Yakhina M.R., Daukaev R.A., Valeev T.K., Suleymanov R.A. Some pages of the chronicle of Bashkirian sanitary and preventive medicine. *Occupational Health and Human Ecology*. 2023;4:216-223.

For correspondence: Timur K. Valeev, Cand.Sc. (Biology), senior researcher, *Occupational Health and Human Ecology*, valeevtk2011@mail.ru

Financing: The study had no financial support.

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

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10416>

История санитарно-эпидемиологической службы Республики Башкортостан (РБ) началась в 1923 году с Декрета Совета народных комиссаров РСФСР «О санитарных органах Республики» от 15 сентября 1922 года, а 31 марта 1923 года Советом народных комиссаров Башкирской АССР был принят декрет «О санитарных органах республики».

С этого периода идет отсчет работы, дальнейшее формирование и развитие санитарно-эпидемиологического надзора Республики Башкортостан. Пройден столетний путь деятельности службы, сопровождавшийся изменением структуры, полномочий, задач, которые на современном этапе позволяют бороться за здоровье населения. Поэтому служба носит новое название – Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.

Исторически все усилия сотрудников санитарно-эпидемиологической службы (теперь — Роспотребнадзора) направлены на санитарно-эпидемиологическое благополучие населения.

Новой вехой деятельности службы стал закон РФ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения», который был принят 19 апреля 1991 года, обеспечив законодательное регулирование деятельности в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения.

Но формирование санитарно-эпидемиологической службы Республики Башкортостан началось гораздо раньше 1923 года.

Санитарный надзор и противоэпидемическую работу во многих земствах и городах осуществляли городские и уездные врачи медицинского департамента Министерства внутренних дел. В Уфимской губернии земская санитарная служба зарождается в 1875 году. Значительным событием для Уфимской губернии, для развития краевой медицины стало создание в 1882 году общества врачей, организованного ссыльным медиком Николаем Александровичем Гурвичем, в состав которого вошли все земские врачи губернии.

В 1883 г. в Уфе прошел I съезд врачей Уфимской губернии, на котором был разработан проект создания санэпидотдела Уфимской губернской земской управы. В 1885 году появляется должность санитарного врача. Есть исторические сведения, что первым губернским санитарным врачом стал Леонид Сергеевич Бонье [1]. В Уфе создается санитарное бюро.

В начале XX века во время Первой мировой войны резко ухудшилось санитарное состояние России, началось повальное распространение инфекционных болезней. И важнейшей задачей советской власти стала борьба с эпидемиями. В связи с этим были

изданы декреты Совета народных комиссаров РСФСР: «О мероприятиях по сыпному тифу», «О мерах борьбы с эпидемиями», «Об обязательном оспопрививании», «Об обеспечении населения банями» и другие.

Наследство досталось от Советской власти довольно тяжелое, об этом свидетельствуют дневниковые записи литератора и краеведа С.Р. Минцлова: «...12 апреля 1910 г. Сегодня в три часа утра приехал в с. Табынское. Единственно, что имеется в изобилии – навоз: его здесь на поля не вывозят, а валят прямо в реку, так что берега Белой у деревень представляют собой отвесы из навоза.

...8 сентября 1910 г. холера у нас усиливается: в Табынске мрут ежедневно. Особенно сильна она в деревне Курмантай, там уже было 60 заболеваний.

...15 января 1911 г. В нашей местности необыкновенное нашествие крыс; нет дома, которого бы они не заполнили. Управляющий князя Вяземского рассказывал, что у них перестилали пол в амбарах и перебили столько крыс, что трупы их вывезли на пяти подводах» [2,3].

В Уфимской губернии при комиссариате здравоохранения существовал санитарно-эпидемический отдел, он занимался организацией летучих противоинфекционных отрядов, устройством оспопрививальных и противохолерных пунктов, санитарно-просветительской работой. Осенью 1919 года в Уфу пришел сыпной тиф, к зиме заболели более шести тысяч человек. Для ликвидации тифа решением Уфимского губревкома был назначен санитарный диктатор губернии с самыми широкими полномочиями. В 1922 году в Поволжье вспыхнула холера, которая усугубилась страшным голодом. Число жителей Малой Башкирии и Уфимской губернии тогда сократилось на 650 тысяч человек (22%).

С первых дней организации возглавляли руководители, которые сумели заложить основу обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения: Иосиф Исаевич Геллерман, с 1931 по 1954 годы (перерыв связан с уходом в ряды Красной Армии) главный госсанинспектор, главный санитарный врач республики, заместитель министра здравоохранения БАССР; Татьяна Ивановна Савинова, с 1942 по 1983 годы, прошла путь от рядового инспектора до главного государственного санитарного врача, заместителя министра здравоохранения БАССР, заслуженный врач РСФСР и БАССР.

В годы Великой Отечественной войны серьезной заслугой санитарной службы Башкирии и лично Т. И. Савиновой явилось то, что несмотря на прибытие сотен тысяч беженцев из западных областей страны, эпидемии заразных болезней не были допущены. Среди населения республики проводилась массовая иммунизация, в городах и селах увеличивалось количество бань, дезкамер, создавались новые противоэпидемические отряды. Если в начале войны в республике работало 19 районных санитарно-эпидемиологических станций, то к концу их стало 45.

Преемником Т. И. Савиновой на посту главного государственного санитарного врача в 1983 году стал Геннадий Дмитриевич Минин, профессионально и умело направлявший деятельность коллектива работников госсанэпидслужбы республики в период сложных техногенных и природных катастроф. В 1989-1990 годах он возглавлял рабочую группу по ликвидации последствий техногенной аварии на ПО «Уфахимпром», надо отметить крайне серьезной, так как в устье реки Шугуровка концентрация фенола на пике достигла 4000 ПДК,

через 3 дня фенол достиг реки Уфы в концентрациях до 100 ПДК [4]. На круглосуточный режим работы были переведены все организации города, способные хоть в малой мере способствовать устранению последствий.

Было издано постановление Совмина республики «О чрезвычайной экологической ситуации в Уфе в связи с загрязнением источников водоснабжения фенолом». С 22 ноября 1989 года для более чем половины жителей Уфы употребление воды из крана было запрещено. Питьевую воду в районы ответственности Южного водозабора стали подвозить в город в цистернах, вспомнили о многочисленных городских родниках и к тем 58 родникам, которые отвечали санитарно-гигиеническим нормам, в экстренном порядке были проведены подходы и сооружены водостоки. 23 апреля 1990 года руководство СЭС объявило о пригодности питьевой воды централизованного водоснабжения [4].

Среди организаций, привлеченных к мониторингованию и анализу ситуации, был и наш Уфимский НИИ гигиены и профзаболеваний, на базе которого, кроме санитарно-химических (хроматографических), проводились токсикологические исследования по избирательности действия фенолятов на дафний, рыбок гуппи и лабораторных животных, изучались методы выведения их из организма под руководством заместителя директора института по научной работе, д.м.н. Г.Г. Максимова, до 1984 года возглавлявшего лабораторию промышленной токсикологии.

В итоговом заключении выездной специальной комиссии ВОЗ было указано, что в экстраординарной ситуации научные, контролирующие и исполнительные органы сработали профессионально грамотно, что позволило не допустить негативного влияния фенола и его дериватов на 600-тысячное население южной части Уфы.

Знания и опыт, полученные в этот период, внесли практический вклад в алгоритм реагирования на загрязнение реки Амура фенолом, периодически поступающего из Китая с водами р. Сунгари с 2005 года.

1989 год был самым трудным для Башкирии. На продуктопроводе в районе п. Улу-Теляк БАССР произошел прорыв, один из тысячи регистрируемых на транспортных магистралях. Все они в большей или меньшей степени загрязняют почву, водоемы, атмосферный воздух и растительность, случаются и возгорания, но 5 июня в 23 часа 15 минут в труднодоступной гористой лесистой и заболоченной местности эта авария привела к взрыву и возгоранию двух пассажирских поездов с многочисленными человеческими жертвами. Уникальность происшедшего случая в сочетании объектов аварии, биологических и медико-санитарных поражений, места и размеров катастрофы не имело аналогов.

С первых же минут наряду с милицией, пожарной службой и военными в работу по спасению людей включились медицинские работники и под их руководством население близлежащих сел. Перед гигиенистами Уфимского НИИ гигиены и профзаболеваний, работавшими на месте крушения, была поставлена задача оценки эколого-гигиенических последствий катастрофы на продуктопроводе сжиженного газа и состояния здоровья аварийных бригад. Впервые проведены исследования психического и физического здоровья медработников, оказывавших помощь пострадавшим в очаге поражения, анализ которых был поручен ученым нашего института [5]. Сегодня к ситуациям, подобным этой, готовят специалистов МЧС и медицины катастроф.

В 2005 году санэпидслужба пережила реорганизацию с образованием Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзора), состоящей из двух функционально связанных между собой типов учреждений: осуществляющих надзорную функцию — территориальных управлений Роспотребнадзора и обеспечивающих их деятельность по проведению экспертиз, исследований, гигиенических оценок — центров гигиены и эпидемиологии.

С этого периода институт, переименованный в «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека» в составе 9 НИИ гигиенического профиля, составляет научный костяк Роспотребнадзора.

Практически с этого времени в выполнении НИР пятилетних отраслевых научно-исследовательских программ Роспотребнадзора, утвержденных приказом Роспотребнадзора, в зависимости от поставленных задач участвовали учебные и научные учреждения страны, профильные подразделения региональных управлений и ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии»: отделы надзора по коммунальной гигиене, социально-гигиенического мониторинга, надзора по гигиене питания Башкортостана, Татарстана, Краснодарского края, Нижегородской области и др.

Примером максимальной консолидации знаний, опыта и быстроты реагирования может служить решение экологической ситуации в городе Сибай, когда в конце 2018 года в глубинах гигантской воронки Сибайского карьера уровень окисленных горных пород привел к эндогенным пожарам и смогу, накрывшему целые районы города. И как теперь пишут сотрудники ООО «БашГРЭ» ("Башкирская геологоразведочная экспедиция"), «...горение сульфидов, вызвавшее чрезвычайную экологическую ситуацию в г. Сибай, было неизбежно» [6].

12 декабря заработал межведомственный оперативный штаб Главного управления МЧС России по РБ; к мониторингу за качеством воздушной среды у источника загрязнения и территории жилой застройки были привлечены ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии по РБ», ГБУ РБ «СОМГЗ», ГБУ РБ «УГАК», Минэкологии.

В ходе всестороннего научного анализа данных мониторинговых исследований 4 независимых лабораторий (было отобрано более 40 000 проб атмосферного воздуха) Уфимским институтом медицины труда и экологии человека, специалистами Управления Роспотребнадзора по РБ с консультационным участием ученых ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» (г. Пермь) был разработан план мероприятий по минимизации риска неблагоприятного воздействия на здоровье населения г. Сибай для данной конкретной ситуации, с началом исполнения которого уполномоченными структурами было достигнуто существенное снижение поступления газопаровой смеси серосодержащих соединений в атмосферу [7]. В настоящее время на данной территории Уфимским НИИ медицины труда и экологии человека проводятся углубленные исследования по оценке объектов окружающей среды (почва, поверхностные водоемы, питьевые воды), изучению биосред человека (волосы, кровь, моча), состояния здоровья населения [8].

Ежедневная работа всей системы Роспотребнадзора, базирующаяся на опыте и исследовании, в конечном счете служит созданию условий санитарно-гигиенической и

эпидемиологической безопасности в повседневной жизни россиян и при проведении адресных мероприятий.

Примером практической реализации эффективности и результативности поддержания санитарно-эпидемиологического благополучия населения и защиты прав потребителей является деятельность службы в дни проведения крупных политических, культурных и спортивных мероприятий, привлекающих большое число людей. Одним из основных аспектов успешного проведения таких событий является обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия населения. При этом значительная роль отводится лабораторному контролю за объектами водоснабжения, питания, размещения участников и гостей.

Организация лабораторного контроля факторов среды обитания в условиях подготовки и проведения в регионе массовых мероприятий осуществляется Управлением Роспотребнадзора по Республике Башкортостан, ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Башкортостан», ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека».

В рамках лабораторных исследований Испытательным центром ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека» выполняется анализ проб продовольственного сырья, пищевых продуктов, воды бутилированной, питьевой и горячей воды систем централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения по физико-химическим, радиологическим, микробиологическим и органолептическим показателям в соответствии с областью аккредитации. Результаты осуществляемого мониторинга оперативно передаются в Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Республике Башкортостан для своевременного принятия управленческих решений.

Совместная целенаправленная работа учреждений Роспотребнадзора позволила минимизировать возможные риски здоровью населения и контролировать санитарно-эпидемиологическую обстановку в период проведения следующих мероприятий: саммиты глав государств и правительств ШОС и БРИКС (Уфа, 8-10 июля 2015 г.), Десятая международная встреча высоких представителей, курирующих вопросы безопасности (Уфа, 17-20 июня 2019 г.), 53-е Летние международные детские игры 2019 (Уфа, 9-14 июля 2019 г.), VI Всемирная фольклориада (Республика Башкортостан, 3-10 июля 2021 г.).

В настоящее время в рамках реализации федеральных проектов «Чистый воздух» и «Чистая вода» (2019-2024 гг.) Управлением Роспотребнадзора по Республике Башкортостан, ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Башкортостан», ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека» совместно выполняются работы по мониторингу и изучению изменений качества атмосферного воздуха и питьевой воды, оценке риска влияния этих изменений на здоровье и информированию населения республики. Задачи этих работ также направлены на достижение конечного результата – сохранение здоровья, снижение уровня смертности, увеличение продолжительности и качества жизни населения.

Оглядываясь на вековую историю санитарно-профилактической медицины Башкирии и России, где каждый врач и ученый в поле воин и, независимо от масштабов побед, для всех сотрудников общим посылом является и будет являться народосбережение.

Список литературы:

- 1 Ахметшина А.В., Павлова О.С., Кантиминова Р.И., Мухаметзянова Э.В., Самородов Д.П. Деятельность органов местного самоуправления и земской медицины по борьбе с эпидемическими заболеваниями в Уфимской губернии в конце XIX – начале XX века. *Гигиена и санитария*. 2018; 4 (97): 378-382. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-4-378-382>
- 2 Фахреев Н. Рыцари с красным щитом 2022 г. С. 163
- 3 Степанов Е.Г., Казак А.А., Жеребцов А.С., Давлетнуров Н.Х. Становление и деятельность санитарно-эпидемиологической службы в Республике Башкортостан. *Медицинский вестник Башкортостана*. 2017. 4 (70). <https://cyberleninka.ru/article/n/stanovlenie-i-deyatelnost-sanitarno-epidemiologicheskoy-sluzhby-v-respublike-bashkortostan> (дата обращения: 20.06.2023).
- 4 Казак А.А., Буткарева Т.А., Баранова Л.М., Шайхлисламова Э.Р., Валеева Э.Т., Карамова Л.М., Бакиров А.Б. Участие санитарно-эпидемиологической службы в ликвидации крупнейшей техногенной фенольной катастрофы в Республике Башкортостан. *Медицина труда и экология человека*. 2022;3:59-68.
- 5 Отчет НИР «Медико-гигиеническая оценка катастрофы на магистральном продуктопроводе» (п. Улу-Теляк. БАССР. 3.VI-89. Р-687/1. -Уфа 1989.- 134 с.
- 6 Никонов В.Н. Самовозгорание серного колчедана в Сибайском карьере. Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий: Материалы / 14-я Межрегиональная научно-практическая конференция, Уфа, 23—26 мая 2022 г. Москва: Изд-во «Перо»: 134-137
- 7 Валеев Т.К., Сулейманов Р.А., Ахмадеев А.В., Хазиахметов Р.М., Рахматуллин Н.Р., Рахматуллина Л.Р., Бактыбаева З.Б., Рафиков С.Ш. Опыт оценки риска неблагоприятного воздействия от эндогенных рудничных пожаров. *Устойчивое развитие территорий: теория и практика*: Материалы Международной научно-практической конференции (19-21 ноября 2020 г.). - Сибай: Сибайский информационный центр – филиал ГУП РБ Издательский дом «Республика Башкортостан», 2020:103-106.
- 8 Бакиров А.Б., Валеев Т.К., Сулейманов Р.А., Рахматуллин Н.Р., Бактыбаева З.Б. Проблемы эндогенных пожаров при разработках рудных месторождений и опыт гигиенической оценки аварийной ситуации, связанной с выбросами серосодержащих соединений. *Гигиена и санитария*. 2019; 98(9): 917-922. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-9-917-922>

References:

- 1 Akhmetshina A.V., Pavlova O.S., Kantimirova R.I., Mukhametzyanova E.V., Samorodov D.P. Activities of the local selfgovernment and zemstvo's medicine at fighting epidemic diseases in the Ufa province at the end of the XIX - beginning of the XX centuries. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2018; 4 (97):

- 378-382. (In Russ). DOI: [http://dx.doi.org/ 10.18821/0016-9900-2018-97-4-378-382](http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-4-378-382)
- 2 Fakhreev N. Knights with a red shield 2022 p. 163
 - 3 Stepanov E.G., Kazak A.A., Zherebtsov A.S., Davletnurov N.Kh.. The formation and activity of sanitary-epidemiological service in the republic of Bashkortostan. *Medicinskij vestnik Bashkortostana*. 2017, 4(70). <https://cyberleninka.ru/article/n/stanovlenie-i-deyatelnost-sanitarno-epidemiologicheskoy-sluzhby-v-respublike-bashkortostan>.
 - 4 Kazak A.A., Butkareva T.A., Baranova L.M., Shaikhislamova E.R., Valeeva E.T., Karamova L.M., Bakirov A.B. Participation of the sanitary and epidemiological service in the elimination of the largest technogenic phenolic disaster in the Republic of Bashkortostan. *Medicina truda i ekologiya cheloveka*. 2022;3:59-68. (In Russ).
 - 5 R&D report "Medical and hygienic assessment of the disaster on the main product pipeline" (P. Ulu-Telyak. BASSR. 3.VI-89. P-687/1. -Ufa 1989.- 134 p.
 - 6 Nikonov V.N. Spontaneous combustion of sulfur pyrite in the Sibai quarry. Geology, minerals and problems of geoecology Bashkortostan, the Urals and adjacent territories: Materials / 14th Interregional Scientific and Practical Conference, Ufa, May 23-26, 2022 Moscow: Publishing House "Pero",: 134-137
 - 7 Valeev T.K., Suleymanov R.A., Akhmadeev A.V., Khaziakhmetov R.M., Rakhmatullin N.R., Rakhmatullina L.R., Baktybayeva Z.B., Rafikov S.Sh. Experience in assessing the risk of adverse effects from endogenous mine fires. *Sustainable development of Territories: Theory and Practice: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference (November 19-21, 2020)*. 2020:103-106. (In Russ).
 - 8 Bakirov A.B., Valeev T.K., Suleimanov R.A., Rakhmatullin N.R., Baktybaeva Z.B. Problems of endogenous fires in the development of the ore deposits and the experience of the hygienic assessment of the emergency, the emission of sulfur-containing compounds. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2019; 98(9): 917-922. (In Russian). DOI: [http://dx.doi.org/ 10.18821/0016-9900-2019-98-9-917-922](http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-9-917-922)

Поступила/Received: 05.09.2023

Принята в печать/Accepted: 25.10.2023

К 110-летию со дня рождения Мухаметовой Гайнуш Минигайсовны

Гайнуш Минигайсовна Мухаметова родилась 25 ноября 1913 года в деревне Ново-Каргалы Благоварского района БАССР.

В 1934 году окончила Казанский государственный медицинский институт, а в 1938 году – аспирантуру при этом же институте. Трудовую деятельность начала врачом-ординатором на Сахалине, затем работала врачом-терапевтом в г.Москве, после возвращения в г.Уфу – в инфекционной больнице. С 1942 года занимала должность заведующей отделением, здравотделом, заместителя министра

здравоохранения БАССР, а с 1950 года Гайнуш Минигайсовна – главный врач республиканской профпатологической клиники.

В 1955 году Гайнуш Минигайсовна защитила кандидатскую, а в 1967 году – докторскую диссертацию.

С 1957 по 1979 годы Г.М. Мухаметова возглавляла Уфимский научно-исследовательский институт гигиены и профессиональных заболеваний Министерства здравоохранения РСФСР.

Мухаметова Гайнуш Минигайсовна – врач-гигиенист, профпатолог, доктор медицинских наук, прошла огромный путь от врача до крупного организатора здравоохранения и гигиенической науки.

Открытие и освоение новых месторождений сернистой нефти в Башкирии поставили перед наукой вопросы охраны здоровья работающих в нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности. Масштабность ее мышления и природный дар организатора позволили собрать коллектив исследователей и клиницистов, специалистов гигиенического профиля и профпатологов. Были сформированы школы гигиенистов, токсикологов и целая плеяда врачей, которые заложили прочную основу дальнейшего развития НИИ. Коллективом за короткое время были изучены и оценены токсикология различных химических веществ, обоснованы уровни безопасности содержания продуктов переработки нефти в различных средах. Достигнутые результаты были обобщены в монографии «Хроническая интоксикация продуктами сернистой нефти». (Л.И. Геллер, Г.М. Мухаметова,

1966) и докторской диссертации «К изучению адаптационных сдвигов в организме при действии промышленных ядов» (1967). В 1958 году Уфимский научно-исследовательский институт гигиены и профессиональных заболеваний Министерства здравоохранения РСФСР становится головным в области профилактики в нефтеперерабатывающей и нефтехимической отрасли.

Под руководством Гайнуш Минигайсовны был организован ряд отделов, лабораторий и служб, деятельность сотрудников которых позволили достичь больших научных успехов и внедрить мероприятия по профилактике профессиональных заболеваний.

Уфимский НИИ гигиены и профессиональных заболеваний МЗ РСФСР под руководством Г.М. Мухаметовой подготовил: 53 обоснования ПДК веществ в окружающей среде, 152 токсикологические характеристики химических веществ, 4 монографии, 22 сборника научных трудов, 1120 научных публикаций, сотрудниками защищено 9 докторских и 51 кандидатская диссертация, внедрено 78 новых методов диагностики, лечения, профилактики профессиональных болезней.

Трудовые заслуги профессора Мухаметовой Г.М. были отмечены орденом Ленина, двумя орденами Трудового Красного Знамени, значками «Отличник здравоохранения СССР» и «Отличник нефтеперерабатывающей, нефтехимической промышленности СССР», ей было присвоено почетное звание «Заслуженный врач БАССР».

Блестящий врач-гигиенист, профпатолог и ученый, человек большого организаторского таланта и неиссякаемой энергии, видный общественный деятель – такой мы запомнили Гайнуш Минигайсовну Мухаметову.

Коллективы ФБУН «Уфимский научно-исследовательский институт
медицины труда и экологии человека»,
кафедры терапии и профессиональных болезней Башкирского
государственного медицинского университета,
редакции журнала «Медицина труда и экология человека»